

Docket No. 240866US2/hyc

# IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Kazumasa KODAMA, et al.

GAU:

SERIAL NO: 10/626,625

EXAMINER:

FILED: July 25, 2003

FOR: VEHICLE STEERING CONTROL SYSTEM

## REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

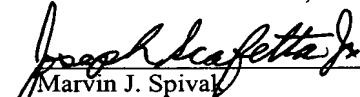
| <u>COUNTRY</u> | <u>APPLICATION NUMBER</u> | <u>MONTH/DAY/YEAR</u> |
|----------------|---------------------------|-----------------------|
| JAPAN          | 2002-217731               | July 26, 2002         |

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)  
☐ are submitted herewith  
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913  
Joseph Scafetta, Jr.  
Registration No. 26,803



22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

10/626,625

02P221

1815

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年    7 月 2 6 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 2 1 7 7 3 1  
Application Number:

[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 2 - 2 1 7 7 3 1 ]

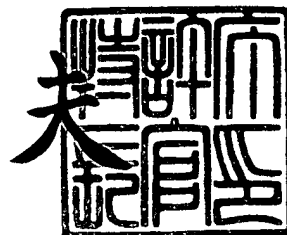
出 願 人                      豊田工機株式会社  
Applicant(s):                      トヨタ自動車株式会社

BEST AVAILABLE COPY

2 0 0 3 年    7 月 1 1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 AX0212356T

【提出日】 平成14年 7月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B62D 5/06

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町一丁目 1 番地 豊田工機株式会社内

    【氏名】 小玉 和正

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

    【氏名】 宮田 正浩

【特許出願人】

    【識別番号】 000003470

    【氏名又は名称】 豊田工機株式会社

【特許出願人】

    【識別番号】 000003207

    【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100095751

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 菅原 正倫

    【電話番号】 052-212-1301

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 003388

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0206138

【包括委任状番号】 0210138

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 車両用操舵制御システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 操舵用のハンドル軸に与えられる操作角と車両の運転状態とに応じて、車輪操舵軸に与えるべき操舵角を決定し、当該操舵角が得られるように前記車輪操舵軸を、3相ブラシレスモータよりなる操舵軸駆動モータにより回転駆動するようにした車両用操舵制御システムにおいて、

前記ハンドル軸の角度位置（以下、ハンドル軸角度位置という）を検出するハンドル軸角度検出部と、

前記車輪操舵軸の角度位置（以下、操舵軸角度位置という）を検出する操舵軸角度検出部と、

前記車両の運転状態を検出する運転状態検出部と、

検出されたハンドル軸角度位置と車両の運転状態とに基づいて前記車輪操舵軸の目標角度位置を決定し、前記操舵軸角度位置が前記目標角度位置に近づくように、前記操舵軸駆動モータの動作を制御するために、前記操舵軸角度位置と前記目標角度位置との隔たりに応じて前記操舵軸駆動モータの回転速度を、該操舵軸駆動モータの同時通電される2相をなすコイル対の通電端子の一方を第一端子、他方を第二端子として、第一端子を直流電源の第一極に接続した状態で非スイッチングとし、第二端子を直流電源の第二極に接続した状態でスイッチングするPWM制御方式により制御する操舵制御部と、

前記操舵軸駆動モータの、各相のコイルの端子電圧を個別に検出する端子電圧検出手段と、

前記操舵軸駆動モータの、3相の通電端子  $u$ 、 $v$ 、 $w$  の各端子電圧の検出値を  $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  とし、さらにそれら検出値  $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  を電圧の大小順に配列したときの各値を  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$ （ただし、 $V_1 \geq V_2 \geq V_3$ ）としたとき、 $V_1 + V_3$  と  $2V_2$  とが、予め定められた許容範囲内にて互いに一致するか否かを調べる判定演算を行ない、その演算結果に基づいて前記故障判定を行なう故障判定手段と、

を有することを特徴とする車両用操舵制御システム。

【請求項 2】 前記故障判定手段は、前記端子電圧の検出値  $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  のうち、任意に選択された 2 つを加算した値を  $V_m$  とし、残り 1 つの値を  $V_r$  としたとき、 $V_m$  と  $2 V_r$  とが、予め定められた範囲内にて互いに一致するか否かを調べる判定演算を、 $V_m$  算出のために選択する 2 つの検出値の組合せを変更しながら行い、 $V_m$  と  $2 V_r$  とが一致する演算結果が得られなかった場合に、前記操舵軸駆動モータを故障と判定する請求項 1 記載の車両用操舵制御システム。

【請求項 3】 前記ハンドル軸と前記車輪操舵軸とが機械的に分離されてなり、

前記ハンドル軸への手動操作力が前記車輪操舵軸に直接伝達されるように、両軸を一体回転可能にロック結合したロック状態と、該ロック結合を解除したアンロック状態との間で切替え可能なロック機構と、

前記故障判定手段から故障判定結果を受けた場合に、該ロック機構を前記ロック状態とし前記操舵軸駆動モータを停止させるロック制御手段とが設けられている請求項 1 又は 2 に記載の車両用操舵制御システム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0 0 0 1】

#### 【発明の属する技術分野】

この発明は、自動車等の車両の操舵制御システムに関する。

##### 【0 0 0 2】

#### 【従来の技術】

車両の操舵装置、特に自動車用の操舵装置において、近年、その更なる高機能化の一端として、操舵ハンドルの操作角（ハンドル操作角）と車輪操舵角とを 1 : 1 比率に固定せず、ハンドル操作角の車輪操舵角への変換比（舵角変換比）を車両の運転状態に応じて可変とした、いわゆる可変舵角変換比機構を搭載したものが開発されている。車両の運転状態としては、例えば、車両速度（車速）を例示でき、高速運転時には舵角変換比を小さくすることにより、ハンドル操作角の増加に対して操舵角が急激に大きくならないようにすれば、高速走行の安定化を図ることができる。他方、低速走行時には、逆に舵角変換比を大きくする

ことで、一杯まで切るのに必要なハンドルの回転数を減少させることができ、車庫入れや縦列駐車あるいは幅寄せなど、操舵角の大きい運転操作を非常に簡便に行なうことができる。

#### 【0003】

舵角変換比を可変化する機構としては、例えば特開平11-334604号公報に開示されているように、ハンドル軸と車輪操舵軸とを、ギア比が可変な歯車式伝達部にて直結したタイプのものがあるが、この構成は、歯車式伝達部のギア比変更機構が複雑になる欠点がある。そこで、モータにより車輪操舵軸を回転駆動するタイプのものが、例えば特開平11-334628号公報等に提案されている。具体的には、角度検出部が検出するハンドル操作角と車両運転状態とに応じて定まる舵角変換比とに基づいて、コンピュータ処理により最終的に必要な車輪操舵角を演算し、その演算された車輪操舵角が得られるように、ハンドル軸から機械的に切り離された車輪操舵軸をモータにより回転駆動する。

#### 【0004】

このような操舵制御方式においては、車輪操舵軸の回転をハンドル軸の回転に追従させるために、車輪操舵軸の角度位置（操舵軸角度位置）の目標操舵軸角度位置からの隔たりに応じて操舵軸駆動モータの回転速度をPWM制御により調整することが行なわれている。例えば、追従制御が進んで操舵軸角度位置が目標角度位置に接近してくると、オーバーシュートしないように、モータの回転を低速で精密に制御する必要がある。他方、急ハンドルを切った場合などは、ハンドル操作に車輪操舵軸の回転が遅れないように、これを駆動するモータを高速で回転させる。

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

誘導型のモータは、複数相のコイルを順次切り替えて通電することにより回転磁界を発生させ、電機子を回転駆動する。直流モータでは、通電相の切替えをブラシにより行なうほか、操舵制御用のモータとして近年では、信頼性や耐久性の観点から、電子回路制御により通電相の切替えを行なうブラシレスモータが多く用いられるようになってきている。いずれにしろ、この種の操舵制御装置におい

ては、モータは操舵軸の駆動源として重要であり、異常発生の監視を確実にこなうことが重要である。

#### 【0006】

ブラシレスモータのコイルの異常検出は、通常、各相の端子間電圧（コイル間電圧）や電流の異常を検出することにより行なわれる。しかし、端子間電圧の測定には差動増幅回路を含む複雑な回路が必要であり、電流検出の場合はフライバック電流の影響により精度が確保できないなど、それぞれに欠点がある。

#### 【0007】

そこで、特開平10-75598号公報には、スター結線された各相コイルの中性点電圧を検出することにより、コイル異常を検出する方法が開示されている。中性点電圧は、例えば接地レベルを基準として簡単に測定できるので測定回路が簡単であり、異常判定も基準電圧との比較により容易に行なうことができる。しかしながら、中性点はモータ内部のコイル結線部として形成されるので、測定端子を簡単に取り出すことができない問題がある。この場合、中性点電圧を測定するために、モータに測定端子を新たに設けるのは面倒でありコストもかかる。

#### 【0008】

本発明の課題は、操舵軸駆動モータに測定端子を設ける改造等が不要であり、かつ簡便な測定回路構成によりモータの故障判定を行なうことができる車両用操舵制御システムを提供することにある。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段及び作用・効果】

上記の課題を解決するために、本発明の車両用操舵制御システムは、操舵用のハンドル軸に与えられる操作角と車両の運転状態とに応じて、車輪操舵軸に与えるべき操舵角を決定し、当該操舵角が得られるように車輪操舵軸を、3相ブラシレスモータよりなる操舵軸駆動モータにより回転駆動するようにした車両用操舵制御システムにおいて、

ハンドル軸の角度位置（ハンドル軸角度位置）を検出するハンドル軸角度検出部と、

車輪操舵軸の角度位置（操舵軸角度位置）を検出する操舵軸角度検出部と、



車両の運転状態を検出する運転状態検出部と、

検出されたハンドル軸角度位置と車両の運転状態とに基づいて車輪操舵軸の目標角度位置を決定し、操舵軸角度位置が目標角度位置に近づくように、操舵軸駆動モータの動作を制御するために、操舵軸角度位置と目標角度位置との隔たりに応じて操舵軸駆動モータの回転速度を、該操舵軸駆動モータの同時通電される 2 相をなすコイル対の通電端子の一方を第一端子、他方を第二端子として、第一端子を直流電源の第一極に接続した状態で非スイッチングとし、第二端子を直流電源の第二極に接続した状態でスイッチングする PWM 制御方式により制御する操舵制御部と、

操舵軸駆動モータの、各相のコイルの端子電圧を個別に検出する端子電圧検出手段と、

操舵軸駆動モータの、3 相の通電端子  $u$ ,  $v$ ,  $w$  の各端子電圧の検出値を  $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  とし、さらにそれら検出値  $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  を電圧の大小順に配列したときの各値を  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  (ただし、 $V_1 \geq V_2 \geq V_3$ ) としたとき、 $V_1 + V_3$  と  $2V_2$  とが、予め定められた許容範囲内にて互いに一致するか否かを調べる判定演算を行ない、その演算結果に基づいて故障判定を行なう故障判定手段と、

を有することを特徴とする。

#### 【0010】

本発明においては、操舵軸駆動モータを次のように PWM 制御する。すなわち、同時通電される 2 相をなすコイル対の通電端子の一方を第一端子、他方を第二端子として、第一端子を直流電源の第一極に接続した状態で非スイッチングとし、第二端子を直流電源の第二極に接続した状態でスイッチングする。該方式は、両コイルを同一極性で通電しながら、電源電圧の印加が所定のデューティ比にて ON/OFF されるものであり、半導体スイッチング素子の接合容量に起因する遮断遅れの影響、ひいてはそれに起因したデッドタイムの影響を受けにくく、モータ特性の直線性が良好となる利点がある。3 相の通電端子  $u$ ,  $v$ ,  $w$  の各端子電圧の検出値を  $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  とする。そして、各端子電圧の検出値  $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  を電圧の大小順に配列したときの各値を  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  (ただ

し、 $V_1 \geq V_2 \geq V_3$ ) とすれば、モータが正常であれば、

$$(V_1 + V_3) / 2 = V_2 \quad \cdots (A)$$

なる数学的関係が常に成り立つ。種々の誤差要因により、 $(V_1 + V_3) / 2$  と  $V_2$  とが厳密に一致することはまれであるが、一定の許容範囲を設定すれば、両者はほぼ一致するといえる。そこで、故障判定手段は、 $V_1 + V_3$  と  $2V_2$  とが、予め定められた許容範囲内にて互いに一致するか否かを調べる判定演算を行ない、その演算結果に基づいて故障判定を極めて簡単に行なうことができる。

#### 【0011】

本発明においては、3相ブラシレスモータよりなる操舵軸駆動モータの故障判定を行なうために、モータの端子間電圧でなく、3相以上の互いに異なる通電端子の端子電圧を個別に検出し、それらを用いて予め定められた故障判定処理を行なう。モータの通電端子は、電力供給のためにモータの筐体の外に露出している。そして、それらの個別の端子電圧は、通電端子に電圧測定用のラインを結線して電圧測定部に入力するだけで極めて簡単に測定できる。つまり、前述の中性点電圧を測定する方式のように、モータに測定端子を設ける改造等が全く不要である。また、モータが正常に動作している場合、各端子電圧は、(A)の数学的関係にて結び付けられる。例えば、端子間電圧を用いる従来の方法では、通電端子同士の電圧差しか情報として与えられないから、正常時において満たすべき端子電圧間の数学的な関係を、該電圧差のみをパラメータとする形で見出さなければならない。しかし、そのような関係を見出すことは、一般には困難あるいは不可能であったり、あるいは、仮に可能であっても、複雑な処理が必要になることが多い。しかし、本発明においては、個々の端子電圧を独立に検出するので、正常時に満たすべき数学的関係(A)が、それら端子電圧間に成立しているか否かを、非常に簡単なアルゴリズムにより判定することができる。

#### 【0012】

なお、3相ブラシレスモータの通電相は、回転磁界発生のために経時的に順次切り替えられる。他方、正常動作時に端子電圧間に成立する(A)の関係は、通電相の種別によって、端子電圧の検出値  $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  を電圧の大小順が相違するので、全て異なる形で記述される。従って、通電相を特定した上で、その通

電相に適合する数学的関係を選択し、該関係を用いて故障判定処理を行なうことが一見合理的であるように見える。しかし、通電相の特定→端子電圧の検出→故障判定演算という一連の流れをコンピュータ処理により行なうには、相当数のステップが必要である。特に、通電相の特定を行なった後は、端子電圧の検出を可及的に早く実行しないと、端子電圧測定時に次の相へ通電が切り替わってしまい、特定された通電相と、端子電圧の検出値とが時間的に対応しなくなって、故障判定が不能となる。従って、通電相と端子電圧検出値との時間的適合関係が保障されたりリアルタイム処理が必要であり、高速処理が可能なコンピュータ（CPU）を用いる必要が生ずる。

#### 【0013】

しかし、モータの故障発生頻度を考えれば、端子電圧の検出（サンプリング）は実際問題として、それほど頻繁に行なう必要がない。そこで、故障判定手段は、端子電圧の検出値  $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  のうち、任意に選択された2つを加算した値を  $V_m$  とし、残り1つの値を  $V_r$  としたとき、 $V_m$  と  $2V_r$  とが、予め定められた範囲内にて互いに一致するか否かを調べる判定演算を、 $V_m$  算出のために選択する2つの検出値の組合せを変更しながら行い、 $V_m$  と  $2V_r$  とが一致する演算結果が得られなかった場合に、操舵軸駆動モータを故障と判定するものとして構成することができる。

#### 【0014】

上記の方式の主旨は以下の通りである。すなわち、通電相を取って特定せず、各相の端子電圧のみをサンプリングする。そして、故障判定の次のサンプリングまでにある程度時間を確保できることを利用して、得られた端子電圧の検出値の組に対しサンプリング時の通電相を種々に仮定し、検出された端子電圧の組を各通電相に適合する判定演算パターンに次々と当てはめて演算を行ない、その結果に基づいて故障判定を行なう。この処理においては、仮定した通電相のどれかが端子電圧サンプリング時に必ず成立していたはずであり、モータが正常ならば、その成立していた通電相に対応する判定演算パターンにおいて（「正常」に対し）肯定的な判定演算結果が得られるはずであり、成立していなかった通電相に対応する判定演算パターンにおいては、逆に否定的な判定演算結果が得られる。他

方、故障が生じていれば、成立していた通電相に対応する判定演算パターンにおいても否定的な判定演算結果が得られることになる。従って、この両者のいずれが成り立っているかを識別することにより、故障判定を行なうことが可能となる。いずれにしろ、この方法では、通電相を特定しなくとも故障判定できるので、高性能でない汎用CPUを用いても、問題なく故障判定を行なうことが可能となり、システムを安価に構成することができる。

#### 【0015】

次に、本発明の車両用操舵制御システムは、ハンドル軸と車輪操舵軸とが機械的に分離された構造を採用することができる。この場合、ハンドル軸への手動操作力が車輪操舵軸に直接伝達されるように、両軸を一体回転可能にロック結合したロック状態と、該ロック結合を解除したアンロック状態との間で切替え可能なロック機構を設けておくことができる。このようにすると、システム上のトラブルにより所期の操舵制御が行なえなくなったときは、ハンドル軸と車輪操舵軸とをロック結合することにより、ハンドルによるマニュアル操舵が可能となり、車両の運転を問題なく継続できる。

#### 【0016】

例えば、故障判定手段からの故障判定結果を受けた場合に、該ロック機構をロック状態とし操舵軸駆動モータを停止させるロック制御手段を設けておくことができる。操舵軸駆動モータが故障した場合は修理が必要であるが、操舵が全く行なえない状態になると、車両を修理工場まで搬送するために、レッカー移動などの外部搬送手段に頼らざるを得なくなり、不便である。そこで、ハンドル軸と車輪操舵軸とをロック結合してハンドルによるマニュアル操舵が可能となるように構成しておけば、必要最小限の運転機能は確保され、例えば車両を修理工場等まで自力で運送することが可能となる。

#### 【0017】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、図面を用いて説明する。

##### (実施の形態1)

図1は、本発明が適用される車両用操舵制御システムの、全体構成の一例を模

式的に示したものである（なお、本実施形態において「車両」は自動車とするが、本発明の適用対象はこれに限定されるものではない）。該車両用操舵制御システム 1 は、操舵用ハンドル 2 に直結されたハンドル軸 3 と、車輪操舵軸 8 とが機械的に分離された構成を有する。車輪操舵軸 8 はアクチュエータとしてのモータ 6 により回転駆動される。車輪操舵軸 8 の先端はステアリングギアボックス 9 内に延び、該車輪操舵軸 8 とともに回転するピニオン 10 がラックバー 11 を軸線方向に往復動させることにより、車輪 13、13 の転舵角が変化する。なお、本実施形態の車両用操舵制御システム 1 においては、ラックバー 11 の往復動が、周知の油圧式、電動式あるいは電動油圧式のパワーアシスト機構 12 により駆動補助されるパワーステアリングが採用されている。

#### 【0018】

ハンドル軸 3 の角度位置（以下、ハンドル軸角度位置という） $\phi$  は、ロータリエンコーダ等の周知の角度検出部からなるハンドル軸角度検出部 101 により検出される。他方、車輪操舵軸 8 の角度位置（以下、操舵軸角度位置という） $\theta$  は、同じくロータリエンコーダ等の角度検出部からなる操舵軸角度検出部 103 により検出される。また、本実施形態においては、自動車の運転状態を検出する運転状態検出部として、車速  $V$  を検出する車速検出部（車速センサ）102 が設けられている。車速検出部 102 は、例えば車輪 13 の回転を検出する回転検出部（例えばロータリエンコーダやタコジェネレータ）で構成される。そして、操舵制御部 100 が、検出されたハンドル軸 3 の角度位置  $\phi$  と車速  $V$  とに基づいて、車輪操舵軸 8 の目標角度位置  $\theta'$  を決定し、該車輪操舵軸 8 の角度位置  $\theta$  が目標角度位置  $\theta'$  に近づくように、モータドライバ 18 を介してモータ 6 の動作を制御する。

#### 【0019】

なお、ハンドル軸 3 と車輪操舵軸 8 との間には、両者を一体回転可能にロック結合したロック状態と、該ロック結合を解除したアンロック状態との間で切替え可能なロック機構 19 が設けられている。ロック状態では、ハンドル軸 3 の回転角が変換されることなく（つまり、舵角変換比が 1 : 1）車輪操舵軸 8 に伝達され、マニュアルステアリングが可能となる。該ロック機構 19 のロック状態への

切替えは、異常発生時などにおいて操舵制御部 100 からの指令によりなされる。

### 【0020】

図 2 は、モータ 6 による車輪操舵軸 8 の駆動部ユニットの構成例を、自動車への取付状態にて示すものである。該駆動部ユニット 14 において、ハンドル 2 (図 1) の操作によりハンドル軸 3 を回転させると、モータケース 33 がその内側に組み付けられたモータ 6 とともに一体的に回転するようになっている。本実施形態においては、ハンドル軸 3 は、ユニバーサルジョイント 319 を介して入力軸 20 に連結され、該入力軸 20 がボルト 21, 21 を介して第一カップリング部材 22 に結合されている。この第一カップリング部材 22 にはピン 31 が一体化されている。他方、ピン 31 は、第二カップリング部材 32 の一方の板面中央から後方に延びるスリーブ 32a 内に係合してはめ込まれている。他方、筒状のモータケース 33 は、第二カップリング部材 32 の他方の板面側に一体化されている。なお、符号 44 はゴムあるいは樹脂にて構成されたカバーであり、ハンドル軸 3 と一体的に回転する。また、符号 46 は、コックピットパネル 48 に一体化された駆動部ユニット 14 を収容するためのケースであり、符号 45 は、カバー 44 とケース 46 との間をシールするシールリングである。

### 【0021】

モータケース 33 の内側には、コイル 35, 35 を含むモータ 6 のステータ部分 23 が一体的に組み付けられている。該ステータ部分 23 の内側には、モータ出力軸 36 がベアリング 41 を介して回転可能に組み付けられている。また、モータ出力軸 36 の外周面には永久磁石からなる電機子 34 が一体化されており、この電機子 34 を挟む形でコイル 35, 35 が配置されている。なお、コイル 35, 35 からは、図 3 (図 2 の A-A 断面図) に示すように、モータケース 33 の後端面に連なるように給電端子 50 が取り出され、該給電端子 50 において給電ケーブル 42 によりコイル 35, 35 に給電がなされる。

### 【0022】

後述の通り、本実施形態においてモータ 6 はブラシレスモータであり、給電ケーブル 42 は、該ブラシレスモータの各相のコイル 35, 35 に個別に給電する

素線を集合させた帯状の集合ケーブルとして構成されている。そして、モータケース 33 の後端側に隣接する形でハブ 43 a を有するケーブルケース 43 が設けられ、その中に給電ケーブル 42 が、ハブ 43 a に対してゼンマイ状に巻かれた形で収容されている。給電ケーブル 42 の、給電端子 50 に接続されているのと反対の端部は、ケーブルケース 43 のハブ 43 a に固定されている。そして、ハンドル軸 3 がモータケース 33 については給電端子 50 とともに正方向又は逆方向に回転すると、ケーブルケース 43 内の給電ケーブル 42 は、ハブ 43 a への巻き付き又は繰り出しを生じさせることにより、上記モータケース 33 の回転を吸収する役割を果たす。

### 【0023】

モータ出力軸 36 の回転は、減速機構 7 を介して所定比率（例えば  $1/50$ ）に減速された上で車輪操舵軸 8 に伝達される。本実施形態において減速機構 7 は、ハーモニックドライブ減速機にて構成してある。すなわち、モータ出力軸 36 には、楕円型のインナーレース付ベアリング 37 が一体化され、その外側に変形可能な薄肉の外歯車 38 がはめ込まれている。そして、この外歯車 38 の外側に、カップリング 40 を介して車輪操舵軸 8 が一体化された内歯車 39、139 が噛み合っている。内歯車 39、139 は、同軸的に配置された内歯車（以下、第一内歯車ともいう）39 と内歯車（以下、第二内歯車ともいう）139 とからなり、第一内歯車 39 がモータケース 33 に固定されて該モータケース 33 と一体回転する一方、第二内歯車 139 はモータケース 33 に非固定とされ、該モータケース 33 に対して相対回転可能とされている。第一内歯車 39 はこれと噛み合う外歯車 38 との歯数差がゼロであり、外歯車 38 との間での相対回転を生じない（つまり、回転するモータ出力軸 36 に対して、第一内歯車 39 についてはモータケース 33 及びハンドル軸 3 が、遊転可能に結合されているともいえる）。他方、第二内歯車 139 は外歯車 38 よりも歯数が大きく（例えば 2）、内歯車 139 の歯数を  $N$ 、外歯車 38 と内歯車 139 との歯数差を  $n$  とすると、モータ出力軸 36 の回転を  $n/N$  に減速した形で車輪操舵軸 8 に伝達する。また、内歯車 39、139 は、本実施形態においては、コンパクト化を図るために、ハンドル軸 3 の入力軸 20、モータ出力軸 36 及び車輪操舵軸 8 が同軸的に配置されてい

る。

#### 【0024】

次に、ロック機構 19 は、ハンドル軸 3 に対して相対回転不能なロックベース部（本実施形態においてはモータケース 33）側に固定されたロック部材 51 と、ロック受けベース部（本実施形態においては、モータ出力軸 36 側）に設けられたロック受け部材 52 とを有する。図 3 に示すように、ロック部材 51 は、ロック受け部材 52 に形成されたロック受け部 53 に係合するロック位置と、該ロック受け部 53 から退避したアンロック位置との間で進退可能に設けられている。本実施形態においては、車輪操舵軸 8 と一体的に回転するロック受け部材 52 の周方向にロック受け部 53 が所定の間隔で複数形成され、ロック部材 51 の先端に設けられたロック部 51a が、車輪操舵軸 8 の回転角位相に応じて、それら複数のロック受け部 53 の任意の 1 つのものに選択的に係合するようになっている。ハンドル軸 3 はモータケース 33 に対し（本実施形態では、カップリング 22 及びピンにより）相対回転不能に結合されている。ロック部材 51 とロック受け部材 52 とが非係合（非ロック状態）の場合は、モータ出力軸 36 はモータケース 33 に対して回転し、その回転が外歯車 38 を経て第一内歯車 39 及び第二内歯車 139 にそれぞれ伝達される。モータケース 33 に固定された第一内歯車 39 は、前述の通り外歯車 38 に対して相対回転しないので、結果的にハンドル軸 3 と同速で回転する（つまり、ハンドル操作に追従して回転する）。また、第二内歯車 139 は、モータ出力軸 36 の回転を車輪操舵軸 8 に減速して伝達し、車輪操舵軸 8 の回転駆動を担う。他方、ロック部材 51 とロック受け部材 52 とが係合してロック状態になると、モータ出力軸 36 はモータケース 33 に対して相対回転不能となる。そして、減速機構 7 の内歯車 39、139 のうち、第一内歯車 39 がモータケース 33 に固定されているから、第一内歯車 39、外歯車 38 及び第二内歯車 139 の順でハンドル軸 3 の回転が車輪操舵軸 8 に直接伝達されることとなる。

#### 【0025】

なお、本実施形態においては、ロック受け部材 52 は、モータ出力軸 36 の一端の外周面に取り付けられ、各ロック受け部 53 は、該ロック受け部材 52 の外



周面から半径方向に切れ込む凹状に形成されている。また、図2に示すように、ロック部材51は、モータケース33に設けられた回転ベース300に対し、車輪操舵軸8とほぼ平行な軸線周りに回転可能に取り付けられ、その後端部55aが結合されている。また、ソレノイド55の付勢が解除されたときに、ロック部材51を元の位置に弾性復帰させる弾性部材54が設けられている。ソレノイド55の付勢及び付勢解除の動作により、ソレノイド55aの先端に設けられた凸部55aとロック部材51の一端部51bに形成された溝部を介してロック部材51の先端に形成されたロック部51aが、前記したロック／アンロックのためにロック受け部材52に対し接近／離間する。なお、ソレノイド55の付勢時がロック状態となるかアンロック状態となるかは選択可能であるが、本実施形態では、ソレノイド55の付勢時にアンロックとなるように定めてある。これによると、電源遮断時等においてソレノイド55が付勢解除されたとき、弾性部材54の作用によりロック状態となり、マニュアル操舵が可能となる。

#### 【0026】

図4は、操舵制御部100の電氣的構成の一例を示すブロック図である。操舵制御部100の要部をなすのは2つのマイコン110及び120である。主マイコン110は、主CPU111、制御プログラムを格納したROM112、CPU111のワークエリアとなる主CPU側RAM113及び入出力インターフェース114を有する。また、副マイコン120は、副CPU121、制御プログラムを格納したROM122、副CPU121のワークエリアとなる副CPU側RAM123及び入出力インターフェース124を有する。車輪操舵軸8を駆動するモータ6（アクチュエータ）の動作制御を直接行なうのは主マイコン110であり、副マイコン120は、必要なパラメータ演算等、モータ6の動作制御に必要なデータ処理を主マイコン110と並行して行なうとともに、そのデータ処理結果を主マイコン110との間で通信することにより、主マイコン110の動作が正常であるかどうかを監視・確認し、必要に応じて情報の補完を行なう補助制御部としての機能を果たす。本実施形態において主マイコン110と副マイコン120とのデータ通信は、入出力インターフェース114、124間の通信によりなされる。なお、両マイコン110及び120は、自動車の運転終了後（す

なわち、イグニッションOFF後)においても、図示しない安定化電源からの電源電圧 $V_{cc}$  (例えば+5V) の供給を受け、RAM113, 123あるいはEPROM (後述) 115の記憶内容が保持されるようになっている。

#### 【0027】

ハンドル軸角度検出部101、車速検出部102及び操舵軸角度検出部103の各出力は、主マイコン110及び副マイコン120の入出力インターフェース114, 124にそれぞれ分配入力される。本実施形態では、いずれの検出部もロータリエンコーダで構成され、そのエンコーダからの計数信号が図示しないシュミットトリガ部を経て入出力インターフェース114, 124のデジタルデータポートに直接入力されている。また、主マイコン110の入出力インターフェース114には、前述のロック機構19の駆動部をなすソレノイド55が、ソレノイドドライバ56を介して接続されている。

#### 【0028】

モータ6は3相ブラシレスモータにて構成され、PWM制御により回転速度が調整される。また、モータドライバ18には、モータ6の電源となる車載バッテリー57が接続されている。モータドライバ18が受電するバッテリー57の電圧(電源電圧) $V_s$ は、自動車の各所に分散した負荷の状態や、オルターネータの発電状態により随時変化する(例えば9~14V)。本実施形態においては、このような変動するバッテリー電圧 $V_s$ を、安定化電源回路を介さず、モータ電源電圧として直接使用する。操舵制御部100は、このように相当幅にて変動する電源電圧 $V_s$ の使用を前提として、モータ6の制御を行なうので、電源電圧 $V_s$ の検出部が設けられている。本実施形態では、モータ6への通電経路(ドライバ18の直前)から電圧検出用の分岐経路が引き出され、そこに設けられた分圧抵抗60, 60を経て電圧検出信号を取り出している。該電圧検出信号はコンデンサ61により平滑化された後、電圧フォロワ62を経て入出力インターフェース114, 124のA/D変換機能付入力ポート(以下、A/Dポートという)に入力される。

#### 【0029】

また、過電流発生の有無など、モータ6の通電状態を監視するために、モータ

6への通電経路上に電流検出部が設けられている。具体的には、経路上に設けられたシャント抵抗（電流検出抵抗）58の両端電圧差を電流センサ70により検出し、入出力インターフェース114、124のA/Dポートに入力するようにしている。電流センサ70は、例えば図6に示すように、シャント抵抗58の両端電圧を、電圧フォロワ71、72を介して取り出し、オペアンプ73と周辺の抵抗器74とからなる差動増幅器75により増幅して出力するものである。差動増幅器75の出力は、シャント抵抗58を流れる電流値に比例したものとなるので、これを電流検出値 $I_s$ として用いることができる。なお、シャント抵抗以外にも、ホール素子や電流検出コイルなど、電磁的な原理に基づいて電流検出するプローブを用いてもよい。

### 【0030】

図4に戻り、両マイコン110、120のRAM113、123には、それぞれ以下のようなメモリエリアが形成されている。

- (1)車速（V）測定値メモリ：車速センサ102からの現在の車速Vの測定値を記憶する。
- (2)ハンドル軸角度位置（ $\phi$ ）カウンタメモリ：ハンドル軸角度位置検出部101をなすロータリエンコーダからの計数信号をカウントし、ハンドル軸角度位置 $\phi$ を示すそのカウント値を記憶する。なお、ロータリエンコーダは回転方向の識別が可能なものを使用し、正方向回転の場合はカウンタをインクリメントし、逆方向回転の場合はデクリメントする。
- (3)舵角変換比（ $\alpha$ ）算出値メモリ：車速検出値に基づいて算出された舵角変換比 $\alpha$ を記憶する。
- (4)目標操舵軸角度位置（ $\theta'$ ）算出値メモリ：現在のハンドル軸角度位置 $\phi$ と舵角変換比 $\alpha$ との値から、例えば $\phi \times \alpha$ により算出された操舵軸角度位置の目標値、すなわち目標操舵軸角度位置 $\theta'$ の値を記憶する。
- (5)操舵軸角度位置（ $\theta$ ）カウンタメモリ：操舵軸角度検出部103をなすロータリエンコーダからの計数信号をカウントし、操舵軸角度位置 $\theta$ を示すそのカウント値を記憶する。
- (6) $\Delta\theta$ 算出値メモリ：目標操舵軸角度位置 $\theta'$ と現在の操舵軸角度位置 $\theta$ との

隔たり  $\Delta \theta$  ( $= \theta' - \theta$ ) の算出値を記憶する。

(7) 電源電圧 ( $V_s$ ) 検出値メモリ: モータ 6 の電源電圧  $V_s$  の検出値を記憶する。

(8) デューティ比 ( $\eta$ ) 決定値メモリ: モータ 6 を PWM 通電するための、 $\Delta \theta$  と電源電圧  $V_s$  とに基づいて決定されたデューティ比  $\eta$  を記憶する。

(9) 電流 ( $I_s$ ) 検出値メモリ: 電流センサ 70 による電流  $I_s$  の検出値を記憶する。

### 【0031】

そして、上記主マイコン 110 は、ROM 112 に記憶された制御プログラムにより、モータ作動制限手段として機能する (副マイコン 120 も、ROM 122 に記憶された制御プログラムにより、主マイコン監視用に同様の処理が実行される)。具体的には、電流センサ 70 の異常判定結果を受けた場合に、ロック機構 19 のロック用ソレノイド 55 の付勢状態を切り替えて、ハンドル軸 3 と車輪操舵軸 8 とをロック結合状態とし、モータ 6 を停止させる。

### 【0032】

また、主マイコン 110 の入出力インターフェース 114 には、運転終了時 (つまり、イグニッション OFF 時) における車輪操舵軸 8 の角度位置、すなわち終了角度位置を記憶するための EEPROM 115 が第二の記憶部として設けられている。該 EEPROM 115 (PROM) は、主 CPU 111 が主 CPU 側 RAM 112 に対するデータ読出し/書込みを行なう第一の動作電圧 (+5V) においては、主 CPU 111 によるデータの読出しのみが可能であり、他方、第一の動作電圧 (+5V) とは異なる第二の動作電圧 (本実施形態では、第一の動作電圧より高い電圧が採用される: 例えば +7V) を設定することにより主 CPU 111 によるデータの書込みが可能となるものであり、主 CPU 111 が暴走しても内容が誤って書き換えられることがない。第二の動作電圧は、EEPROM 115 と入出力インターフェース 114 との間に介在する図示しない昇圧回路によって生成される。

### 【0033】

以下、車両用操舵制御システム 1 の動作について説明する。

図12には、主マイコン110による制御プログラムの主ルーチンの処理の流れを示すものである。S1は初期化処理であり、前回イグニッションスイッチをOFFにしたときの終了処理にてEEPROM115に書き込まれている車輪操舵軸8の終了角度位置（後述）を読み出し、該終了角度位置を、処理開始に際しての車輪操舵軸8の初期角度位置として設定することを要旨とする。具体的には、終了角度位置を示すカウンタ値を、前述の操舵軸角度位置カウンタメモリにセットする。なお、後述するEEPROM115へのデータ書き込み完了フラグは、この時点でクリアしておく。

#### 【0034】

初期化処理が終了すれば、S2に進んで操舵制御処理となる。該操舵制御処理は、パラメータサンプリングの間隔を均一化するために、一定の周期（例えば数百 $\mu$ s）にて繰り返し実行される。その詳細を、図13により説明する。S201においては、現在の車速Vの測定値をリードし、次いでS202ではハンドル軸角度位置 $\phi$ をリードする。そして、S203においては、車速Vの算出値から、ハンドル軸角度位置 $\phi$ を目標操舵軸角度位置 $\theta'$ に変換するための舵角変換比 $\alpha$ を決定する。舵角変換比 $\alpha$ は、車速Vに応じて異なる値が設定される。具体的には、図10に示すように、車速Vが一定以上に大きい状態では、舵角変換比 $\alpha$ は小さく設定され、車速Vが一定以下に小さい低速走行時には舵角変換比 $\alpha$ は大きく設定される。本実施形態では、図9に示すような、種々の車速Vに対応した舵角変換比 $\alpha$ の設定値を与えるテーブル130をROM112（122）に格納しておき、このテーブル130を参照して現在の車速Vに対応する舵角変換比 $\alpha$ を補間法により算出する。なお、本実施形態においては、車両の運転状態を示す情報として車速Vを用いているが、これ以外にも、車両が受ける横圧や路面の傾斜角等を車両の運転状態を示す情報としてセンサにより検出し、その検出値に応じて舵角変換比 $\alpha$ を特有の値に設定することが可能である。また、車速Vに応じて舵角変換比 $\alpha$ の基本値を決定し、上記のような車速以外の情報に基づいて、その基本値を随時補正して使用することも可能である。

#### 【0035】

S204では、検出されたハンドル軸角度位置 $\phi$ に、決定された舵角変換比 $\alpha$

を乗じて目標操舵軸角度位置  $\theta'$  を算出する。そして、S205において、現在の操舵軸角度位置  $\theta$  を読み取る。S206では、操舵軸角度位置カウンタから求められた現在の操舵軸角度位置  $\theta$  と目標操舵軸角度位置  $\theta'$  との隔たり  $\Delta\theta$  ( $=\theta'-\theta$ ) を算出する。さらにS207においては、現在の電源電圧  $V_s$  の検出値を読み取る。

#### 【0036】

モータ6は、目標操舵軸角度位置  $\theta'$  と現在の操舵軸角度位置  $\theta$  との差  $\Delta\theta$  が縮小するように車輪操舵軸8を回転駆動する。そして、操舵軸角度位置  $\theta$  が目標操舵軸角度位置  $\theta'$  に迅速かつスムーズに近づくことができるように、 $\Delta\theta$  が大きいときはモータ6の回転速度を大きくし、逆に $\Delta\theta$  が小さいときはモータ6の回転速度を小さくする。基本的には $\Delta\theta$  をパラメータとした比例制御であるが、オーバーシュートやハンチング等を抑制し、制御の安定化を図るために、 $\Delta\theta$  の微分あるいは積分を考慮した周知のPID制御を行なうことが望ましい。

#### 【0037】

モータ6は前述の通りPWM制御されており、回転速度は、そのデューティ比  $\eta$  を変更することにより調整される。電源電圧  $V_s$  が一定であれば、デューティ比により回転速度をほぼ一義的に調整できるが、本実施形態では前述の通り電源電圧  $V_s$  は一定でない。従って、電源電圧  $V_s$  も考慮してデューティ比  $\eta$  を定めるようにする。例えば、図11に示すように、種々の電源電圧  $V_s$  と  $\Delta\theta$  との各組合せに対応したデューティ比  $\eta$  を与える二次元のデューティ比変換テーブル131をROM112(122)に格納しておき、電源電圧  $V_s$  の検出値と  $\Delta\theta$  の算出値に対応するデューティ比  $\eta$  の値を読み取って用いることができる。なお、モータ6の回転速度は負荷によっても変動する。この場合、電流センサ70によるモータ電流  $I_s$  の検出値を元に、モータ負荷の状態を推定し、デューティ比  $\eta$  を補正して用いることも可能である。

#### 【0038】

次に、S209に進み、電流検出処理となる。ここでは、電流センサ70が出力するモータ6の電流検出値をリードする。そして、電流検出値  $I_s$  が規定の条件を超えて大きくなったときは過電流と判断し、前記と同様にハンドル軸3と車

輪操舵軸 8 とのロックを行なって、モータ 6 を停止させる。例えば、電流検出値  $I_s$  が、規定値よりも高い状態が一定時間以上継続する場合は過電流と判断して、上記のロック機構 19 を作動させることができる（この場合、過電流状態が解消されれば、ロックを解除する）。

#### 【0039】

ここまでの処理は、図 4 の主マイコン 110 と副マイコン 120 との双方にて並列的に実行される。例えば、主マイコン 110 の動作が正常であるかどうかは、主マイコン 110 の RAM 113 に記憶された各パラメータの演算結果を副マイコン 120 に随時転送し、副マイコン 120 側にて、RAM 123 の記憶内容と照合することにより、異常発生の有無を監視させることができる。他方、主マイコン 110 側では、決定されたデューティ比  $\eta$  を元に PWM 信号を生成する。そして、操舵軸角度検出部 103 をなすロータリエンコーダからの信号を参照してモータドライバ 18 に対し、通電に関与する相のコイルをスイッチングする FET（図 7）へ該 PWM 信号を出力することにより、モータ 6 を PWM 制御する。

#### 【0040】

以下、モータ 6 の PWM 制御の実施形態について詳しく説明する。モータ 6 は前述の通り、3 相ブラシレスモータにて構成されている。図 2 に示すコイル 35，35 は、図 5 に示すように、 $120^\circ$  間隔で配置された 3 相のコイル U，V，W からなり、これらのコイル U，V，W と、電機子 34 との相対的な角度関係が、モータ内に設けられた角度センサをなすホール IC により検出される。そして、これらホール IC の出力を受けて、図 1 のモータドライバ 18 は、図 5 に示すように、コイル U，V，W の通電を、 $W \rightarrow U$ （1）、 $U \rightarrow V$ （3）、 $V \rightarrow W$ （5）のごとく循環的に順次切り替える（正方向回転の場合：逆方向回転の場合は、上記の逆順のスイッチングとなる）。図 8（b）に、正方向回転の場合の、各相のコイルの通電シーケンスを示している（「H」が通電、「L」が非通電を表す：逆方向回転の場合は、図の左右を反転したシーケンスとなる）。図中の括弧書きの数字は、図 5 の対応する番号における電機子 34 の角度位置を表している。

#### 【0041】

図4に戻り、モータ6の回転制御は、上記コイルU、V、Wの各相の通電切替えシーケンスに、駆動制御部100（本実施形態では、主マイコン110）からのPWM信号によるデューティ比制御シーケンスが重畳された形で行なわれる。図7は、モータドライバ18の回路例を示すもので、コイルU、V、Wの各端子u、u'、v、v'、w、w'に対応したFET（半導体スイッチング素子）75～80が、周知のH型ブリッジ回路を構成するように配線されている（符号87～92は、コイルU、V、Wのスイッチングに伴う誘導電流のバイパス経路を形成するフライホイールダイオードである）。ANDゲート81～86によりモータ側のホールIC（角度センサ）からのスイッチング信号と駆動制御部100からのPWM信号との論理積信号を作り、これを用いてFET75～80をスイッチング駆動すれば、通電に関与する相のコイルを選択的にPWM通電することができる。

#### 【0042】

なお、駆動制御部100側においてFET75～80にPWM信号を順次与えるためのタイミングは、ホールIC（角度センサ）からの信号を駆動制御部100に分配することにより認識させてもよいが、本実施形態では、別途ロータリエンコーダを用いてこれを検出している。このロータリエンコーダはモータ出力軸36の回転角度を検出するものであり、その角度検出値は減速後の車輪操舵軸8の角度位置と一義的な対応関係を有する。そこで、本実施形態では、このロータリエンコーダを操舵軸角度検出部103として利用する。

#### 【0043】

図8（a）は、上記のロータリエンコーダを模式的に示すもので、ブラシレスモータの通電シーケンスを制御するために、時系列的な出現順序が定められたコイル通電パターンを各々特定するためのビットパターンが、円板の周方向に一定の角度間隔で形成されたものである。本実施形態においては、3相ブラシレスモータを使用しているので、図8（b）に示すコイルU、V、Wの通電シーケンスが得られるように、その（1）～（6）（図5参照）の通電パターンに対応した6種類のビットパターンが、円板の周方向に30°間隔で形成されている。従って、モータ6の電機子34が回転すると、これと同期回転する上記ロータリエン



コードからは、現在通電されるべきコイルを特定するビットパターンが刻々出力される。そこで、駆動制御部 100 は、このエンコーダのビットパターンを読み取ることにより、PWM 信号を送るべきコイルの端子（すなわち、図 7 の FET 75～80）を自発的に決定することができる。なお、本実施形態において、PWM 波形の 1 波長の長さは例えば 50  $\mu$ s 程度に設定されている。

#### 【0044】

なお、モータ出力軸 36 の回転は減速されて車輪操舵軸 8 に伝達されるから、車輪操舵軸 8 が 1 回転する間に、ロータリエンコーダが設けられるモータ出力軸 36 は複数回回転する。従って、モータ出力軸 36 の絶対角度位置のみを示すエンコーダのビットパターンからは、車輪操舵軸 8 の絶対角度位置を知ることはできない。従って、図 4 に示すように、RAM 113（123）内に、ビットパターン変化の検出回数を計数するカウンタ（操舵軸角度位置カウンタ）を形成し、操舵軸角度位置（ $\theta$ ）をそのカウント数から求めるようにしてある。従って、操舵軸角度検出部 103 は機能的にはインクリメント型ロータリエンコーダに相当するものとみなすことができる。なお、モータ出力軸 36 の絶対角度位置についてはビットパターンの種別により読み取ることができるから、そのビットパターンの変化順序をモニタすれば、モータ出力軸 36 ひいては車輪操舵軸 8 の回転方向（すなわち、ハンドルを切る向きである）を知ることができる。従って、車輪操舵軸 8 の回転方向が正であれば上記のカウンタをインクリメントし、逆であればカウンタをデクリメントする。

#### 【0045】

既に説明した通り、相 U、V、W の各コイルは、U→V、V→W、W→U の順で、各々一方の端にて結合され他方の端が通電端子とされた 2 相のコイルを対として通電がなされる。例えば、コイル対 U→V の通電時について考えると、図 7 の H 型ブリッジ回路において、コイル U 側である第一端子を直流電源の正極（第一極）に接続した極性と、コイル V 側である第二端子を直流電源の負極（第二極）に接続した極性ととの 2 通りの電源接続極性がある。前者の極性では、スイッチ u（FET 75）とスイッチ v'（FET 78）とを ON にし、後者の極性では、スイッチ u'（FET 76）とスイッチ v（FET 77）とを ON にする。

## 【0046】

本発明においては、図14に示すPWM制御方式を使用する。具体的には、電圧印加の極性を一方に固定しつつ、コイル対の第一端子を車載バッテリー（直流電源）57の第一極（例えば正極）に接続した状態で非スイッチングとし、第二端子を同じく第二極（例えば負極：接地接続も負極接続と概念的に等価とみなす）に接続した状態で、前述の処理にて決定されたデューティ比 $\eta$ によりスイッチングする。例えば図14のU→V通電時のタイムチャートにおいては、コイルU側のスイッチu（FET75）を連続的にONとし、V側のスイッチv'（FET78）をスイッチングしている。そして、U→V、V→W、W→Uと通電対象となるコイル対が切り替えられると、図のごとく、使用されるスイッチは対応するものが順次選択されて、同様のスイッチングがなされる。

## 【0047】

この方式は既に詳述した通り、スイッチング制御のデッドタイムが生じないので、速度制御の直線性が良好である。この場合、正常動作時の端子電圧は以下ようになる。ここではU→V通電時について例示し、各相の端子間電圧を $V_U$ 、 $V_V$ 、 $V_W$ とし、電源電圧 $V_S$ とする。U相は常時ONであるから、

$$V_U = V_S \quad \cdots (1)$$

である。また、V相はデューティ比 $\eta$ にてスイッチングされるから、 $V_V$ は、ON時は接地レベルとなり、OFF時は電源電圧と等しくなるから、平均的には

$$V_V = (1 - \eta) V_S \quad \cdots (2)$$

となる。そして、U相及びV相とスター結線されているW相は接地側が常時オープンであるから、 $V_W$ は $V_U$ と $V_V$ との平均的な電圧レベルと等しくなる。すなわち、

$$V_W = (V_U + V_V) / 2 \quad \cdots (3)$$

である。

## 【0048】

次に、図13ではS210に進み、故障判定処理となる。この故障判定処理の主体となる故障判定手段の機能は、主CPU111（操舵制御部100）がROM112に格納された故障判定プログラムによって実現する（もちろん、副CP

U 1 2 1 側でも同じ処理を行なうようにしてもよい)。具体的には、図 7 において、3 相 u, v, w の各端子電圧を検出することにより故障判定がなされる。図 1 5 に示すように、各端子 u, v, w の電圧は、分圧抵抗 1 5 0, 1 5 1 を介して主マイコン 1 1 0 の入出力インターフェース 1 1 4 の A/D ポートに入力している。なお、いずれの端子電圧もスイッチングにより断続波形となるので、本実施形態では、近接する複数個の端子電圧サンプリング値を平均化して用いる。なお、信号入力線には、ノイズ除去用のコンデンサ 1 5 3 が並列接続されている。

#### 【 0 0 4 9 】

本実施形態においては、操舵軸駆動モータ 6 は 3 相ブラシレスモータであり、3 相の通電端子 u, v, w の各端子電圧の検出値を  $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  とする。前記した(1)～(3)に示すように、各端子電圧の検出値  $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  を電圧の大小順に配列したときの各値を  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  (ただし、 $V_1 \geq V_2 \geq V_3$ ) とすれば、(3)より、モータが正常であれば、

$$(V_1 + V_3) / 2 = V_2 \quad \cdots (4)$$

なる関係が成り立つ。種々の誤差要因により、 $(V_1 + V_3) / 2$  と  $V_2$  とが厳密に一致することはまれであるが、一定の許容範囲を設定すれば、両者はほぼ一致するといえる。そこで、故障判定手段は、 $V_1 + V_3$  と  $2V_2$  とが、予め定められた許容範囲内にて互いに一致するか否かを調べる判定演算を行ない、その演算結果に基づいて故障判定を行なうことができる。

#### 【 0 0 5 0 】

図 1 6 は、その処理の一例を示すものである。この処理の概略は、端子電圧の検出値  $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  のうち、任意に選択された 2 つを加算した値を  $V_m$  とし、残り 1 つの値を  $V_r$  としたとき、 $V_m$  と  $2V_r$  とが、予め定められた範囲内にて互いに一致するか否かを調べる判定演算を、 $V_m$  算出のために選択する 2 つの検出値の組合せを変更しながら行なう点にある。そして、 $V_m$  と  $2V_r$  とが一致する演算結果が全く得られなかった場合に、操舵軸駆動モータ 6 を故障と判定する。D 1 0 と D 1 1 は U→W 相通電あるいは W→U 相通電を仮定した場合であり、D 1 3 と D 1 4 は V→W 相通電あるいは W→V 相通電を仮定した場合であり、D 1 6 と D 1 7 は U→V 相通電あるいは V→U 相通電を仮定した場合である。

そして、故障判定の次のサンプリングまでにある程度時間を確保できることを利用して、得られた端子電圧の検出値の組  $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  に対し、サンプリング時の通電相を種々に仮定し、各通電相に適合する判定演算パターン (D12, D15, D18) に次々と当てはめて演算を行なっている。判定演算パターンは前記した(4)式に従うものであり、通電に関与する2相の端子電圧の合計から関与しない1相の端子電圧の2倍を減じた値の絶対値が、許容範囲を与える閾値  $\epsilon$  以下になっているかどうかを調べるものである。

#### 【0051】

この演算の過程で、いずれかの通電相で閾値  $\epsilon$  以下となる結果が得られれば直ちに異常なしと判断し、故障対応処理を特に何も行なわずに故障判定処理を終了する。他方、閾値  $\epsilon$  以下となる結果が得られなかった場合は、D19～D21のいずれかにおいて故障判定及び出力を行なう。操舵制御部100は、この結果を受けて、例えばロック機構19のロック状態へ切り替える処理を行なう。なお、 $V_1 + V_3$  と  $2V_2$  とが一定の許容範囲にて一致するか否かは、(4)式に直接対応した演算を行なう以外にも、数学的には種々の代替アルゴリズムが可能であり、実質的に等価な判定結果が得られる限り、そのいずれを採用してもよい。例えば、 $(V_1 + V_3)$  と  $2V_2$  との比を演算する方法を採用してもよい。上記の方法は、通電相を特定しなくとも故障判定できるので、汎用CPUを用いても、問題なく故障判定を行なうことができる。

#### 【0052】

なお、 $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  を大小順にソートして  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  (ただし、 $V_1 \geq V_2 \geq V_3$ ) とする処理を行なうようにすれば、 $V_1 + V_3$  と  $2V_2$  との比較演算処理を1回行なうだけで故障判定することも可能である。また、判定演算の結果には故障の有無に係る定性的な情報だけでなく、故障発生した相種別を特定可能な情報が含まれていることがあり、これを用いて故障発生相を特定する処理を行なうことができる。図17に、PWM制御の第一の方式が設定されている場合について、その処理例を示している。D110では、 $V_u$ 、 $V_v$  及び  $V_w$  を大小順にソートして  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  とする。そして、D111では、前記した(4)式に従う判定演算処理を行なう。 $V_1 + V_3$  と  $2V_2$  とが (閾値  $\epsilon$  の

範囲で)一致していれば正常であるから、故障判定処理を終了する。他方、一致していなければD112以降に進み、故障発生相を特定する処理を行なう。通電相の端子電圧がV1とV3であった場合、V1に対応する相が断線していると、V1の端子はバッテリーから受電する状態には変化がないから、その値はバッテリー電圧V<sub>s</sub>に等しくなる。しかし、V3の相とこれに中性点を介してつながったV2の相とは、バッテリー側のV1の相と断線により遮断されているので、端子電圧はゼロとなる。従って、D112に示すように、閾値をεとして、

$$|V1 - V_s| < \epsilon \quad \cdots (5)$$

$$V2 < \epsilon \quad \cdots (6)$$

$$V3 < \epsilon \quad \cdots (7)$$

が同時に成り立っているかどうかを調べる演算を行い、成り立っている場合にはV1の相に断線が生じていると判定・出力する。

#### 【0053】

また、V2に対応する相が断線していると、通電に関与する相V1とV3はいずれも正常であるから、(1)及び(2)より、V1とV3はそれぞれV<sub>s</sub>及び(1-η)V<sub>s</sub>となる。しかし、正常なら両者の平均値となるV2は、断線によりバッテリーから遮断されているのでゼロとなる。従って、D114に示すように、閾値をεとして、

$$|V1 - V_s| < \epsilon \quad \cdots (8)$$

$$V2 < \epsilon \quad \cdots (9)$$

$$|V3 - (1 - \eta) V_s| < \epsilon \quad \cdots (10)$$

が同時に成り立っているかどうかを調べる演算を行い、成り立っている場合にはV2の相に断線が生じていると判定・出力する。

#### 【0054】

さらに、V3に対応する相が断線していると、V1の端子はバッテリーから受電する状態には変化がないから、その値はバッテリー電圧V<sub>s</sub>に等しくなる。しかし、V3の相は断線によりバッテリーから遮断されているので、端子電圧はゼロとなる。また、正常ならV1とV3の平均値となるV2は、V3が断線により切り離されているのでV1と同電位、つまりV<sub>s</sub>となる。従って、D116に示

すように、閾値を  $\epsilon$  として、

$$|V1 - V_s| < \epsilon \quad \cdots (11)$$

$$|V2 - V_s| < \epsilon \quad \cdots (12)$$

$$V3 < \epsilon \quad \cdots (13)$$

が同時に成り立っているかどうかを調べる演算を行い、成り立っている場合には  $V3$  の相に断線が生じていると判定・出力する。

#### 【0055】

図12に戻り、S3ではイグニッションスイッチがOFFされているかどうかを確認し、もしOFFされている場合はS4の終了処理となる。すなわち、イグニッションスイッチがOFFになっている場合は、自動車の運転が終了したことを意味するから、主マイコン110において操舵軸角度位置カウンタに記憶されている、車輪操舵軸8の終了角度位置を読み出し、これをEEPROM115に格納し、さらに、RAM113に設けられたデータ書込み完了フラグをセットして処理を終了する。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の車両用操舵制御システムの全体構成を模式的に示す図。

##### 【図2】

駆動部ユニットの一実施例を示す縦断面図。

##### 【図3】

図2のA-A断面図。

##### 【図4】

本発明の車両用操舵制御システムの、実施の形態1に係る電氣的構成の一例を示すブロック図。

##### 【図5】

本発明の実施形態に使用する3相ブラシレスモータの動作説明図。

##### 【図6】

電流センサの回路例を示す図。

##### 【図7】

3相ブラシレスモータのドライバ部分の一例を示す回路図。

【図 8】

図 5 の 3 相ブラシレスモータに使用するロータリエンコーダの説明図。

【図 9】

舵角変換比と車速との関係を与えるテーブルの模式図。

【図 10】

車速に応じて舵角変換比を変化させるパターンの一例を示す模式図。

【図 11】

モータ電源電圧と角度偏差  $\Delta \theta$  とによりデューティ比を決定するための二次元テーブルの模式図。

【図 12】

本発明の車両用操舵制御システムにおけるコンピュータ処理の主ルーチンの一例を示すフローチャート。

【図 13】

図 12 の操舵制御処理の詳細の一例を示すフローチャート。

【図 14】

実施の形態 1 に係る、PWM制御の第一の方式の例を示すタイムチャート。

【図 15】

操舵軸駆動モータの端子電圧を検出する回路の説明図。

【図 16】

故障判定処理の第一例を示すフローチャート。

【図 17】

故障判定処理の第三例を示すフローチャート。

【符号の説明】

- 3 ハンドル軸
- 6 モータ（アクチュエータ）
- 8 車輪操舵軸
- 58 シヤント抵抗
- 70 電流センサ

1 0 0 操舵制御部

1 1 0 主マイコン（モータ作動制限手段、故障判定手段）

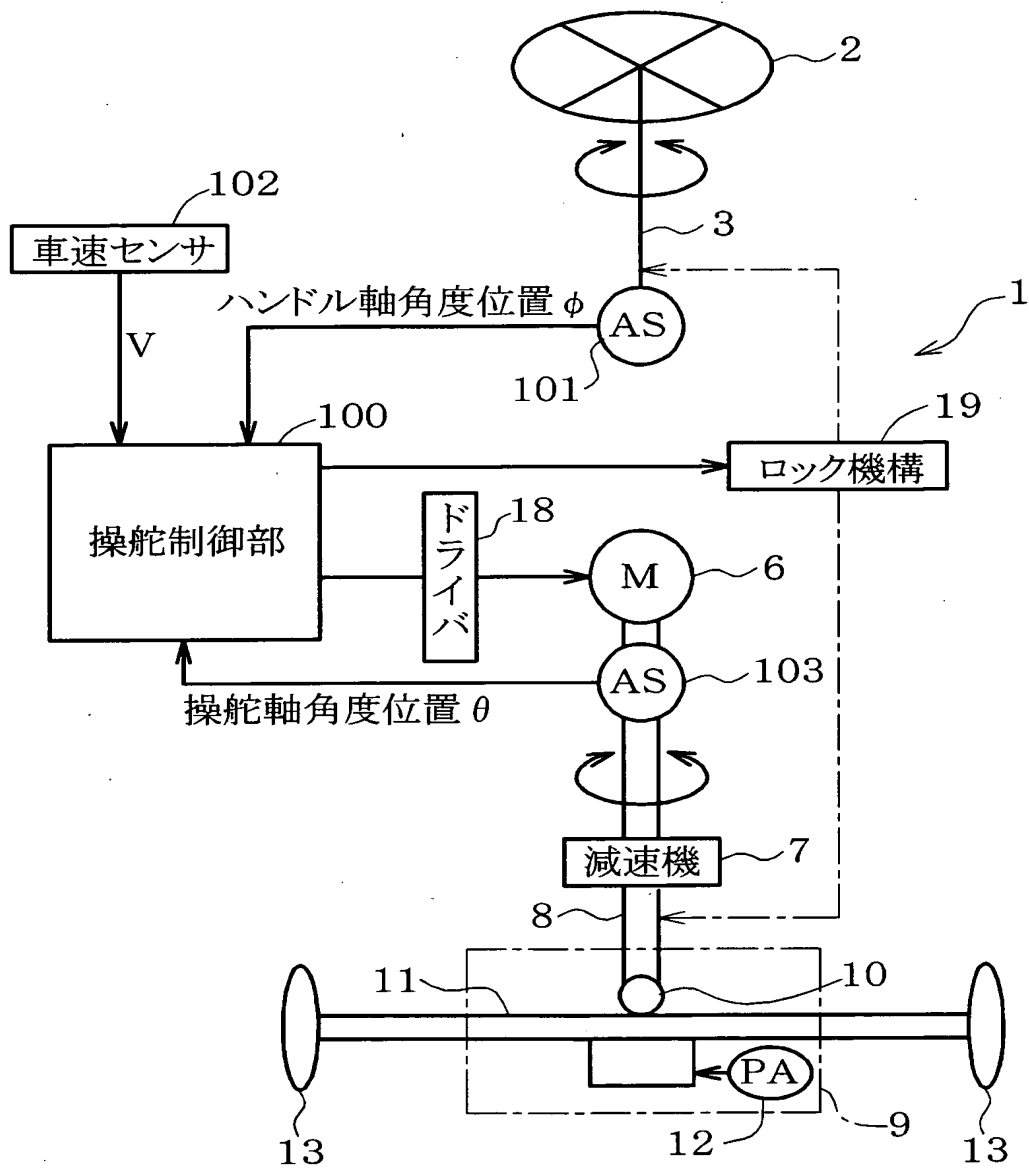
1 0 1 ハンドル軸角度検出部

1 0 . 3 操舵軸角度検出部

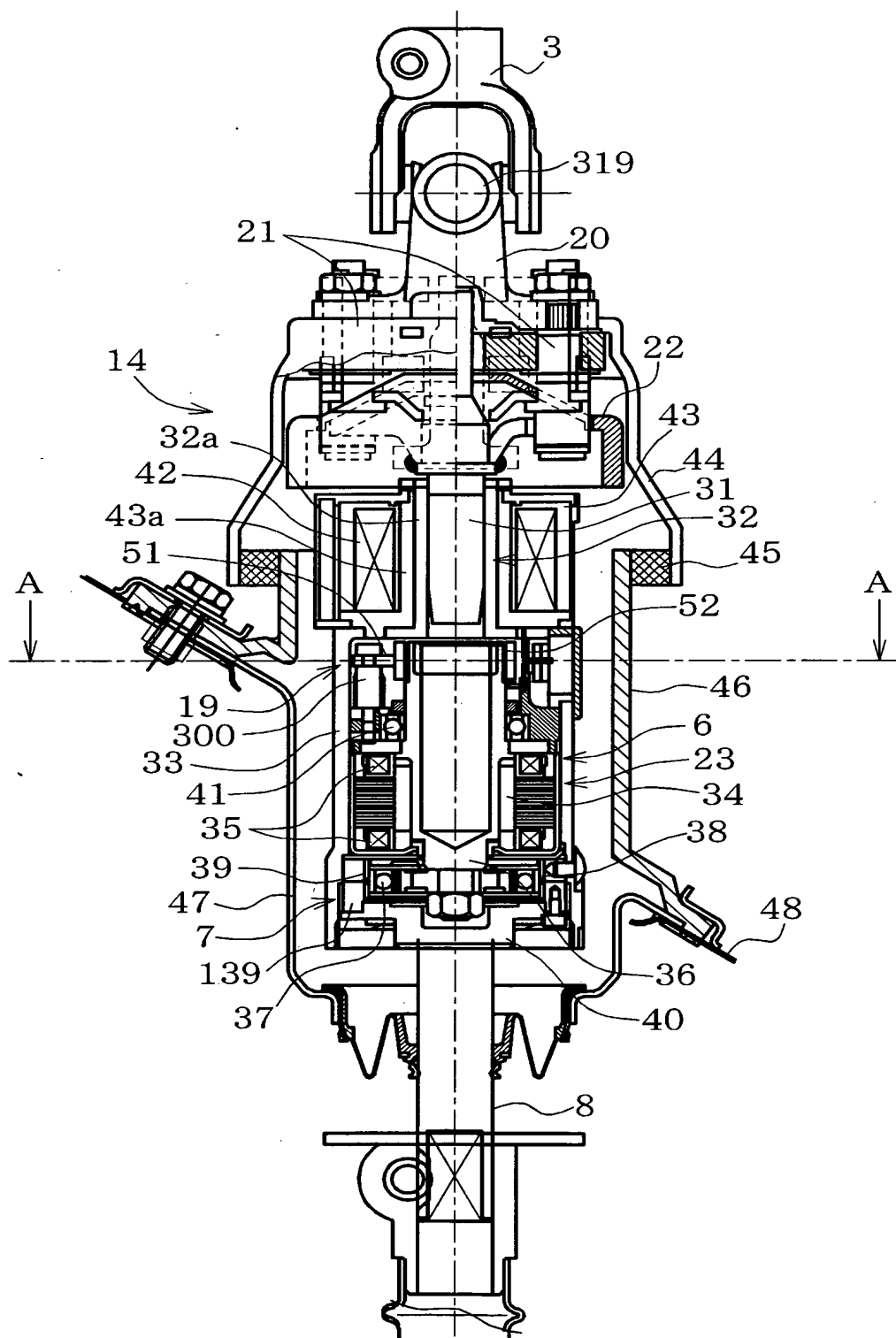


【書類名】 図面

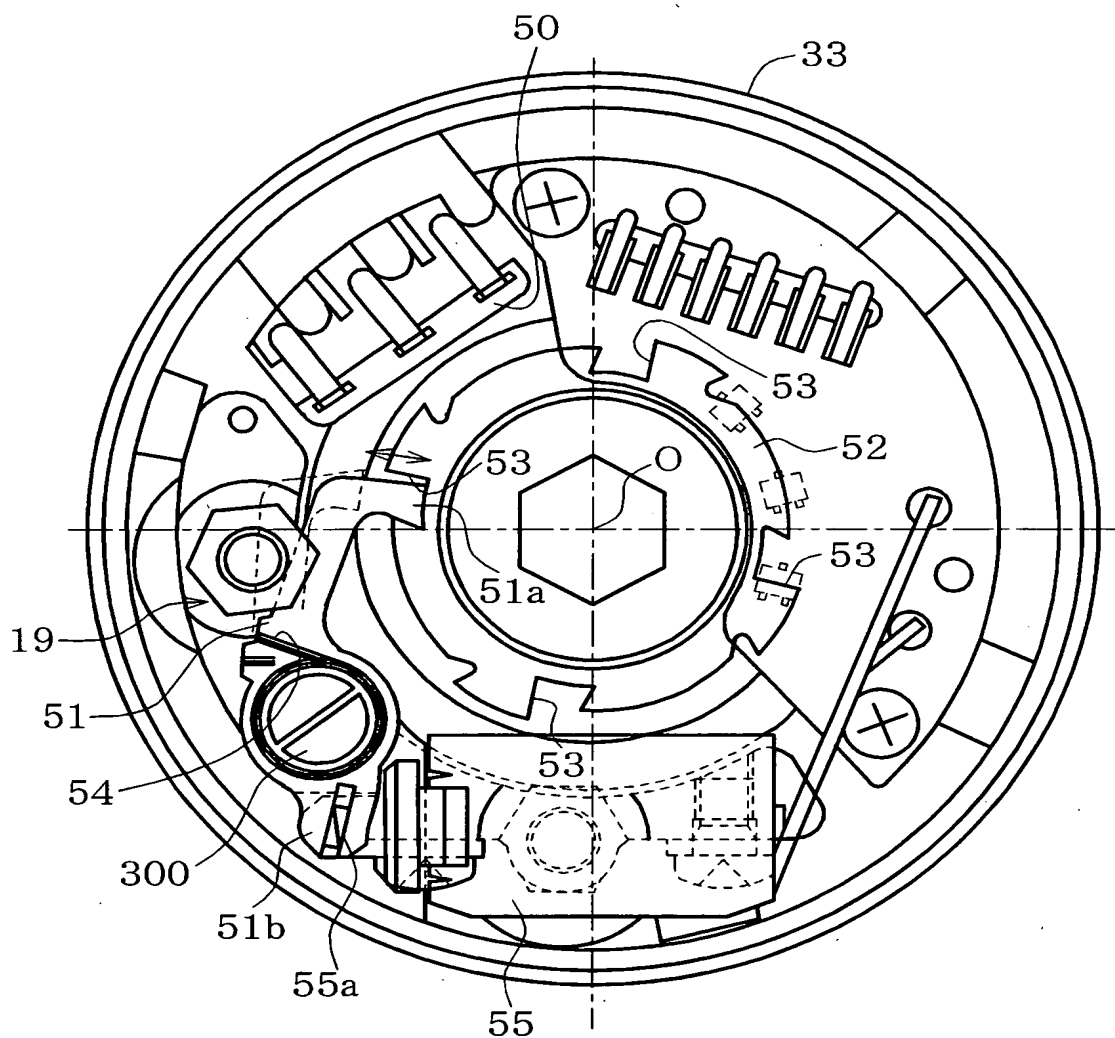
【図 1】



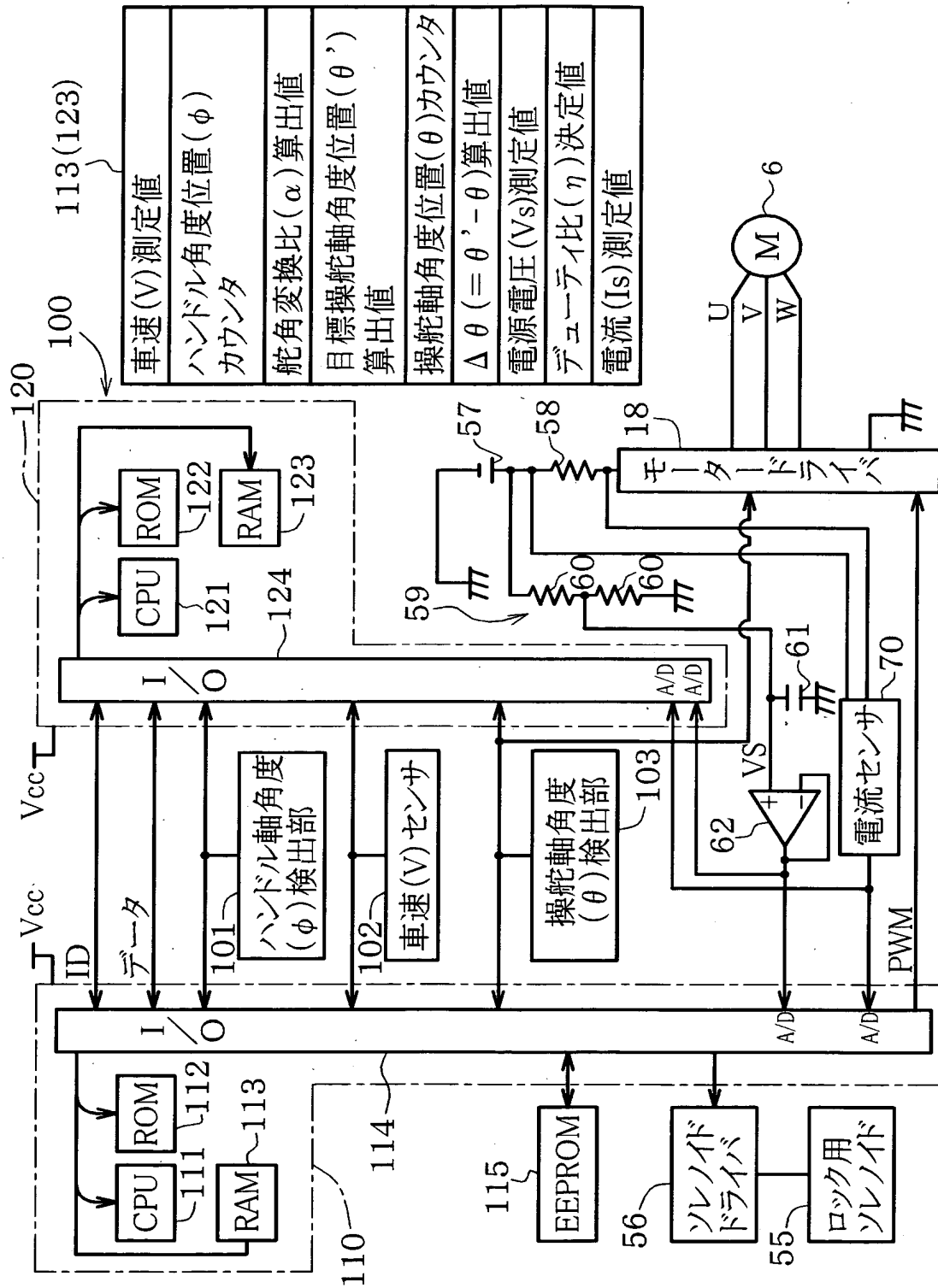
【図 2】



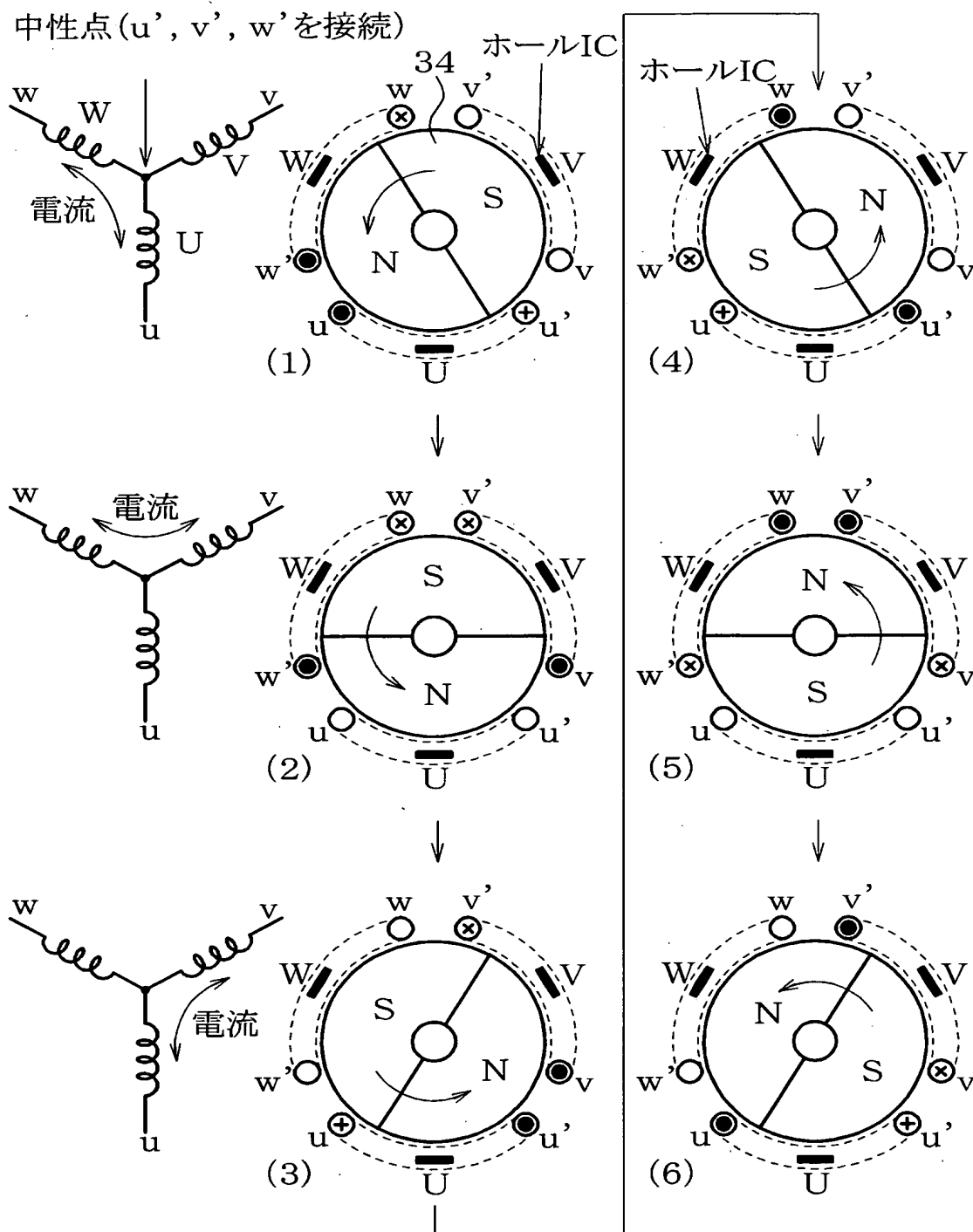
【図 3】



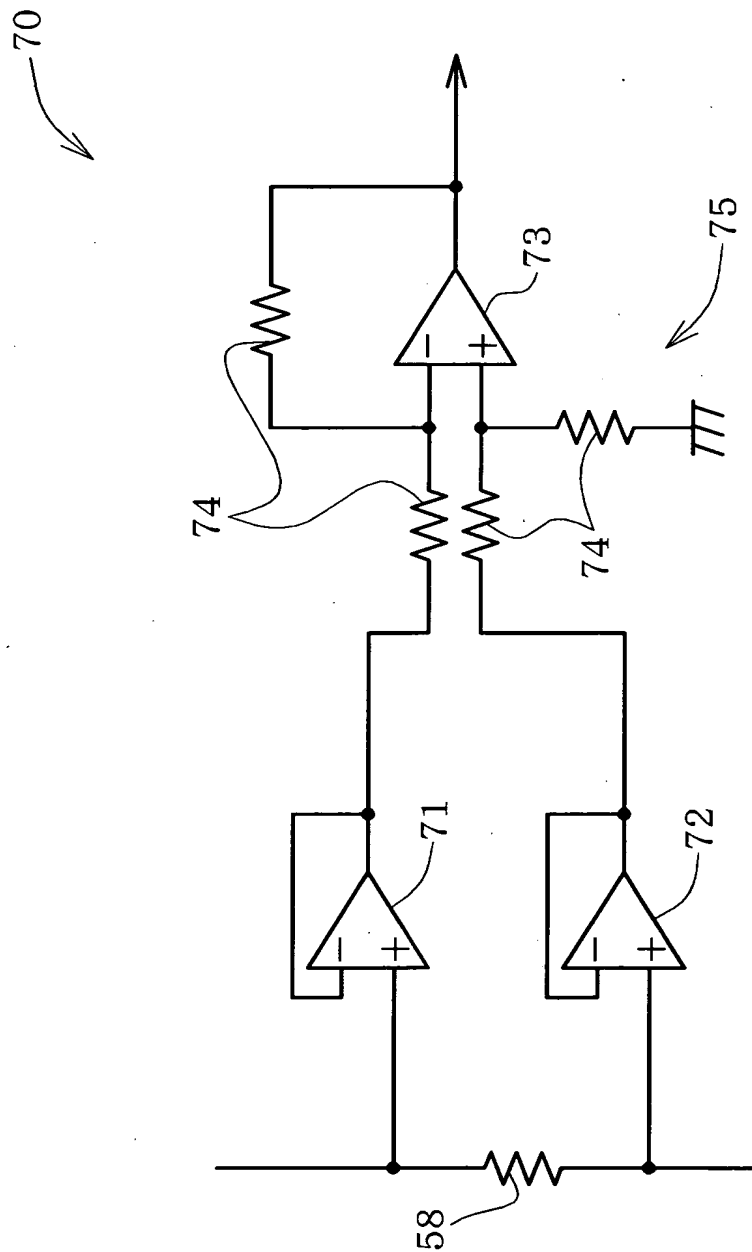
【図 4】



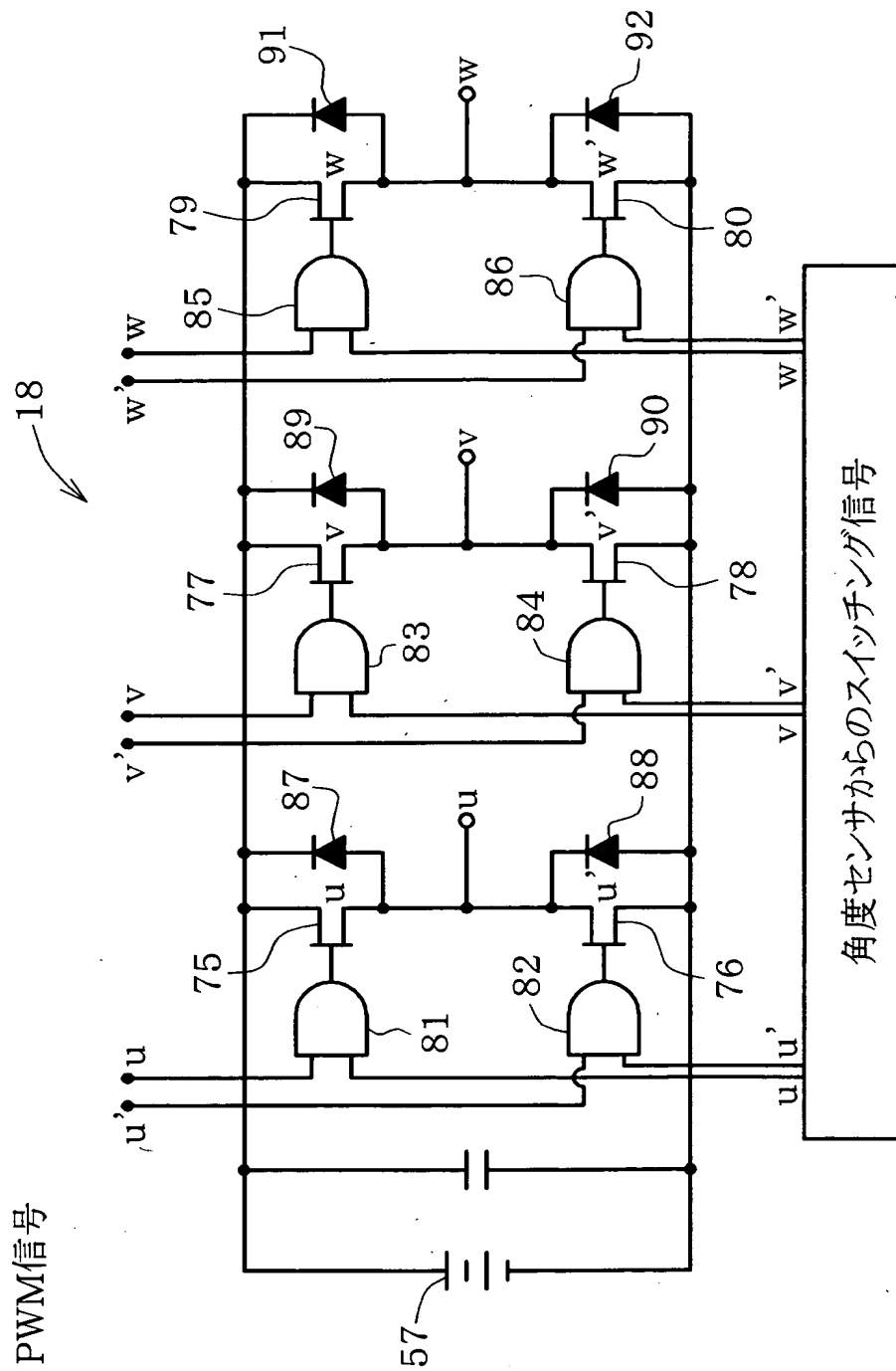
【図 5】



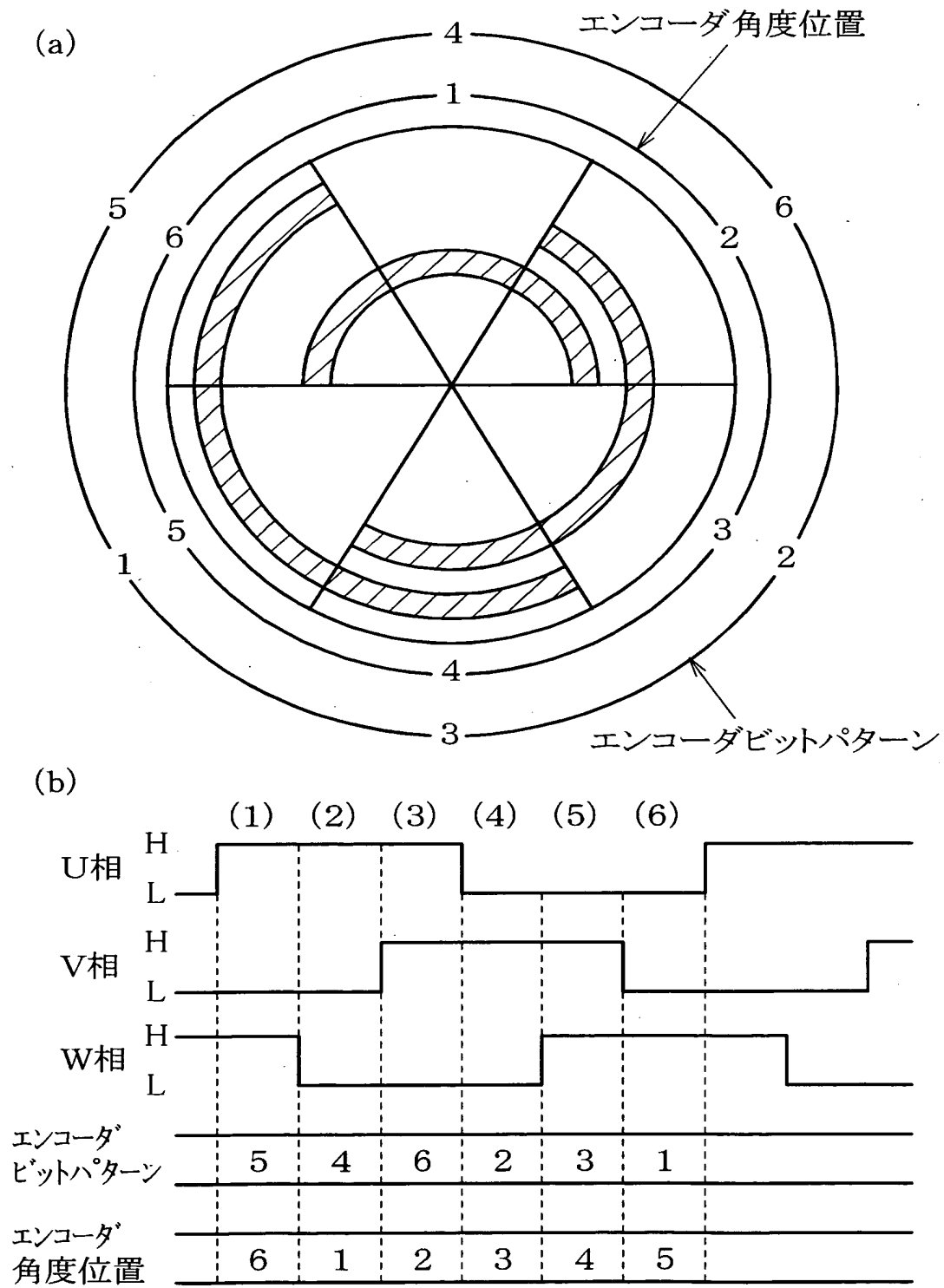
【図 6】



【図 7】



【図 8】





【図 9】

130

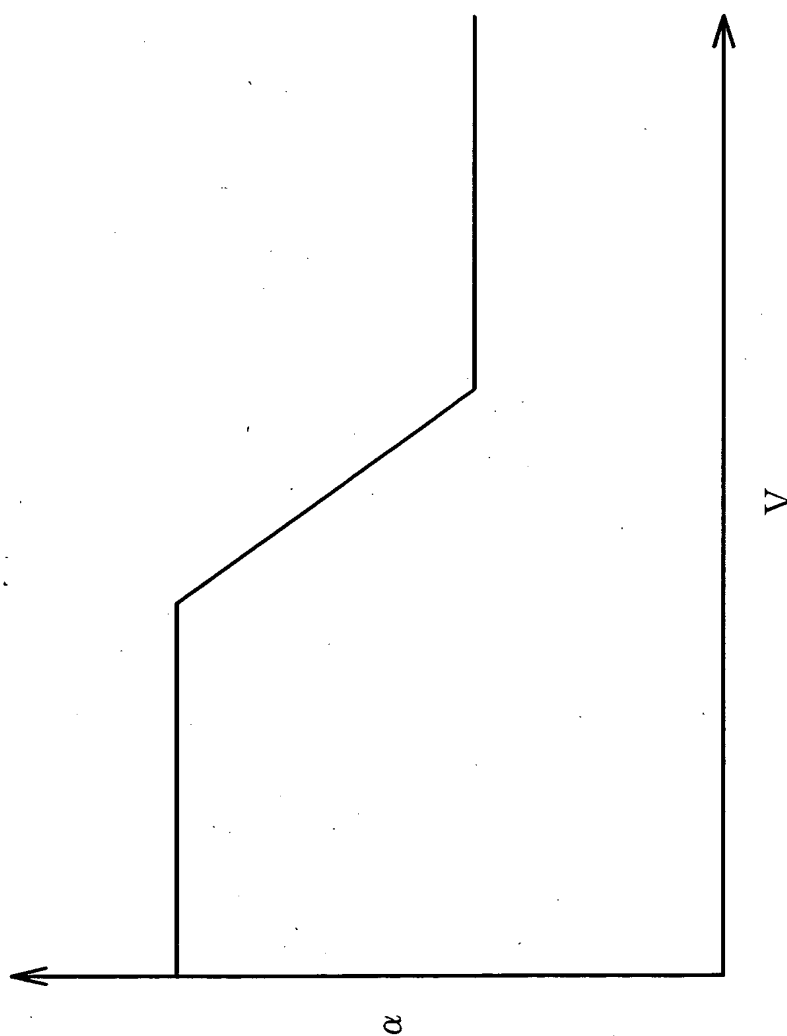
|              |                |                |                |       |                |
|--------------|----------------|----------------|----------------|-------|----------------|
| 車速<br>(V)    | V <sub>1</sub> | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | ..... | V <sub>n</sub> |
| 舵角変換比<br>(α) | α <sub>1</sub> | α <sub>2</sub> | α <sub>3</sub> | ..... | α <sub>n</sub> |

$\alpha = \theta / \phi$

φ：ハンドル軸角度位置

θ：操舵軸角度位置

【図 10】



【図 11】

131

| $\Delta \theta \backslash V_s$ | $V_{s1}$    | $V_{s2}$    | $V_{s3}$    | $V_{s4}$    | $\cdots$ | $V_{sn}$    |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------|
| $\Delta \theta_1$              | $\eta_{11}$ | $\eta_{12}$ | $\eta_{13}$ | $\eta_{14}$ | $\cdots$ | $\eta_{1n}$ |
| $\Delta \theta_2$              | $\eta_{21}$ | $\eta_{22}$ | $\eta_{23}$ | $\eta_{24}$ | $\cdots$ | $\eta_{2n}$ |
| $\Delta \theta_3$              | $\eta_{31}$ | $\eta_{32}$ | $\eta_{33}$ | $\eta_{34}$ | $\cdots$ | $\eta_{3n}$ |
| $\Delta \theta_4$              | $\eta_{41}$ | $\eta_{42}$ | $\eta_{43}$ | $\eta_{44}$ | $\cdots$ | $\eta_{4n}$ |
| $\vdots$                       | $\vdots$    | $\vdots$    | $\vdots$    | $\vdots$    | $\vdots$ | $\vdots$    |
| $\Delta \theta_m$              | $\eta_{m1}$ | $\eta_{m2}$ | $\eta_{m3}$ | $\eta_{m4}$ | $\cdots$ | $\eta_{mn}$ |

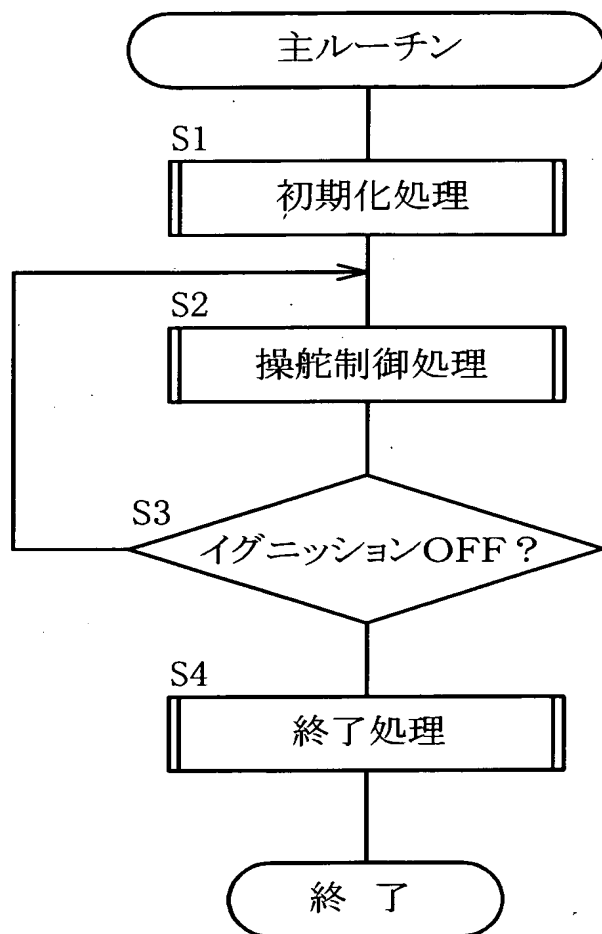
$\eta$  : デューティ比

$\Delta \theta = \theta' - \theta$

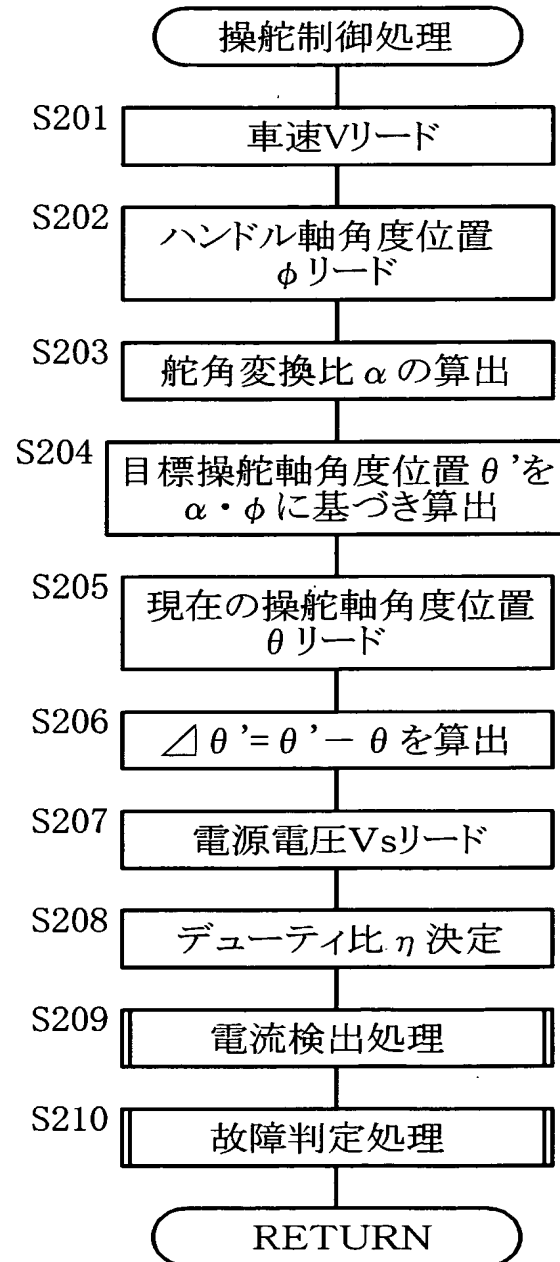
$\theta'$  : 目標操舵軸角度位置

$\theta$  : 現在操舵軸角度位置

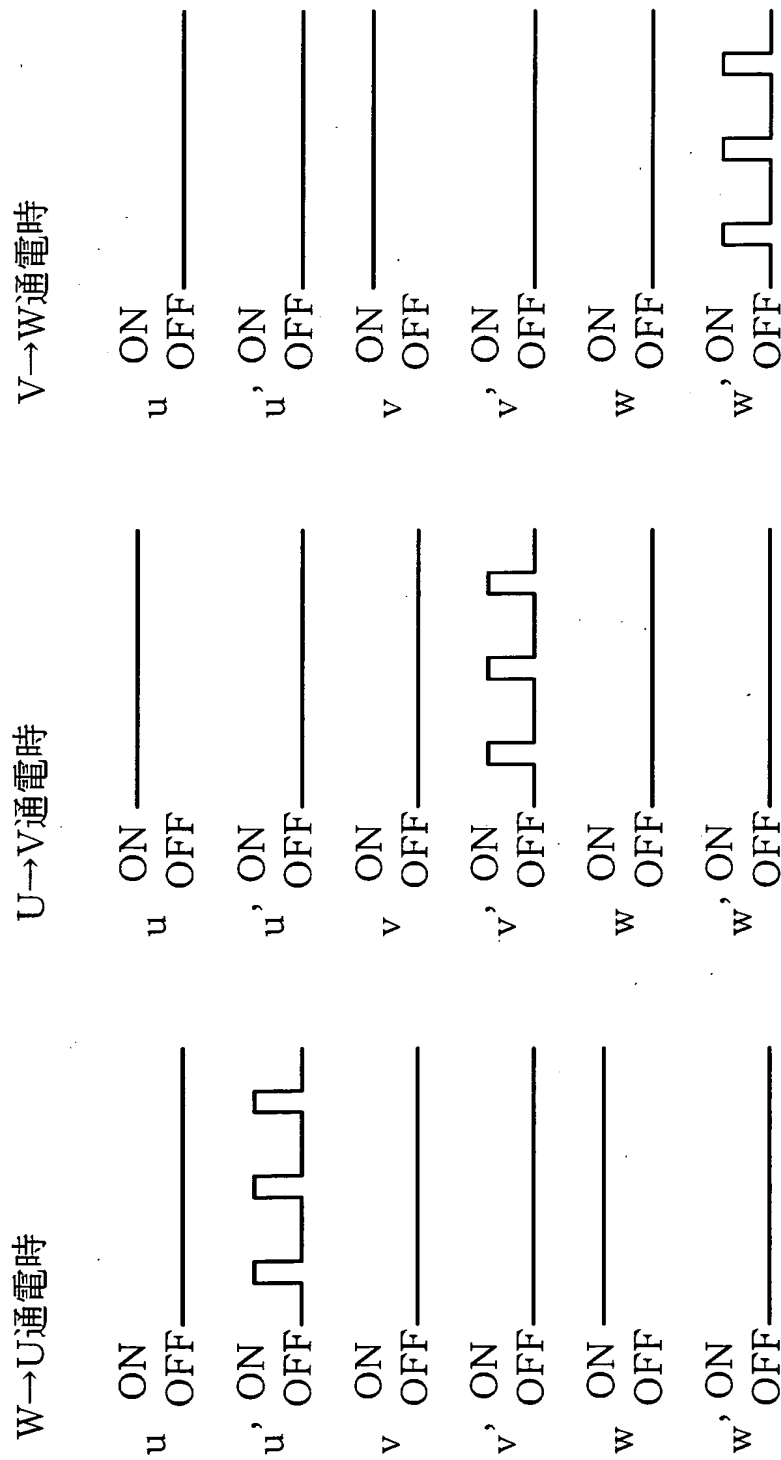
【図 12】



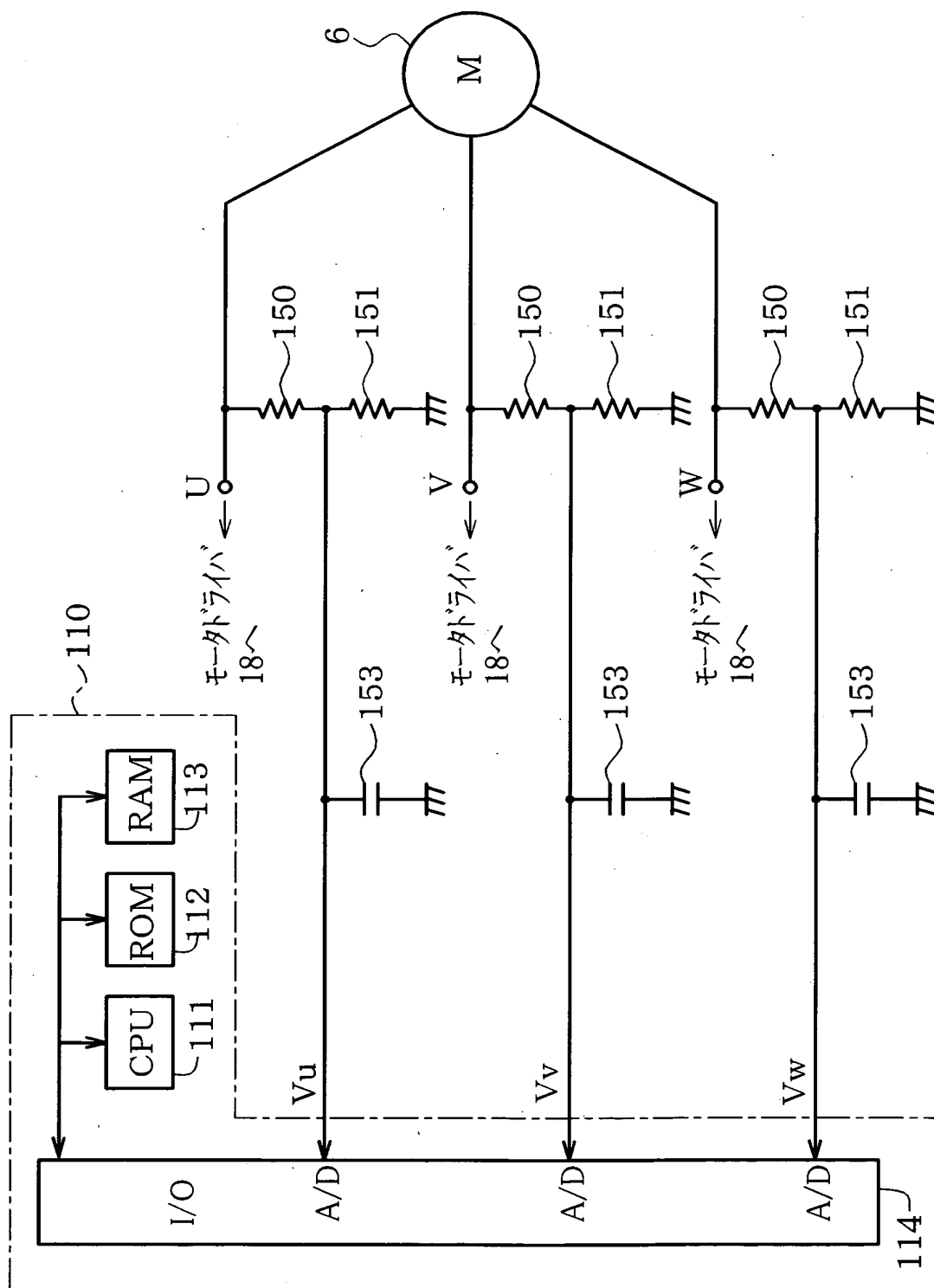
【図 13】



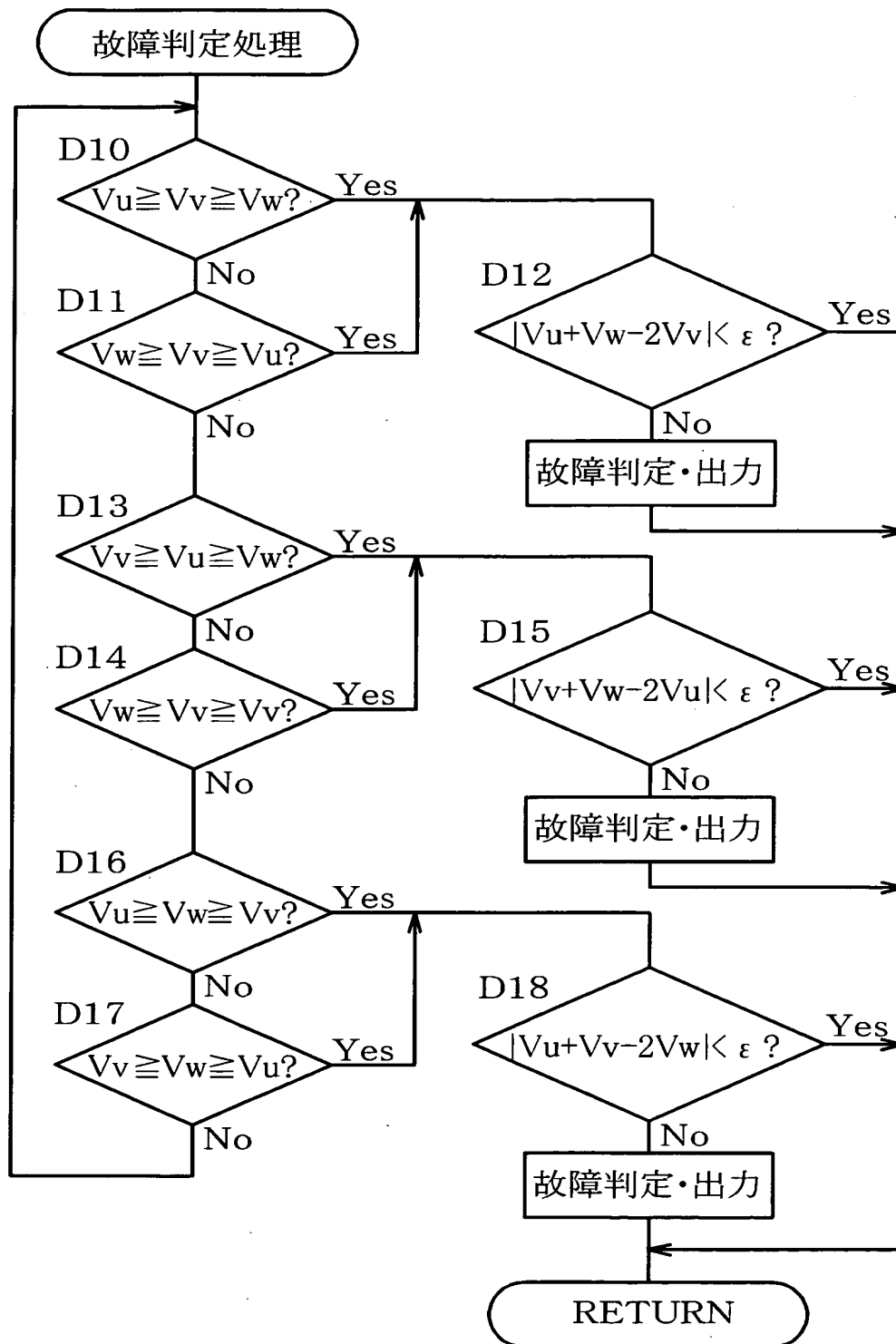
【図 14】



【図 15】

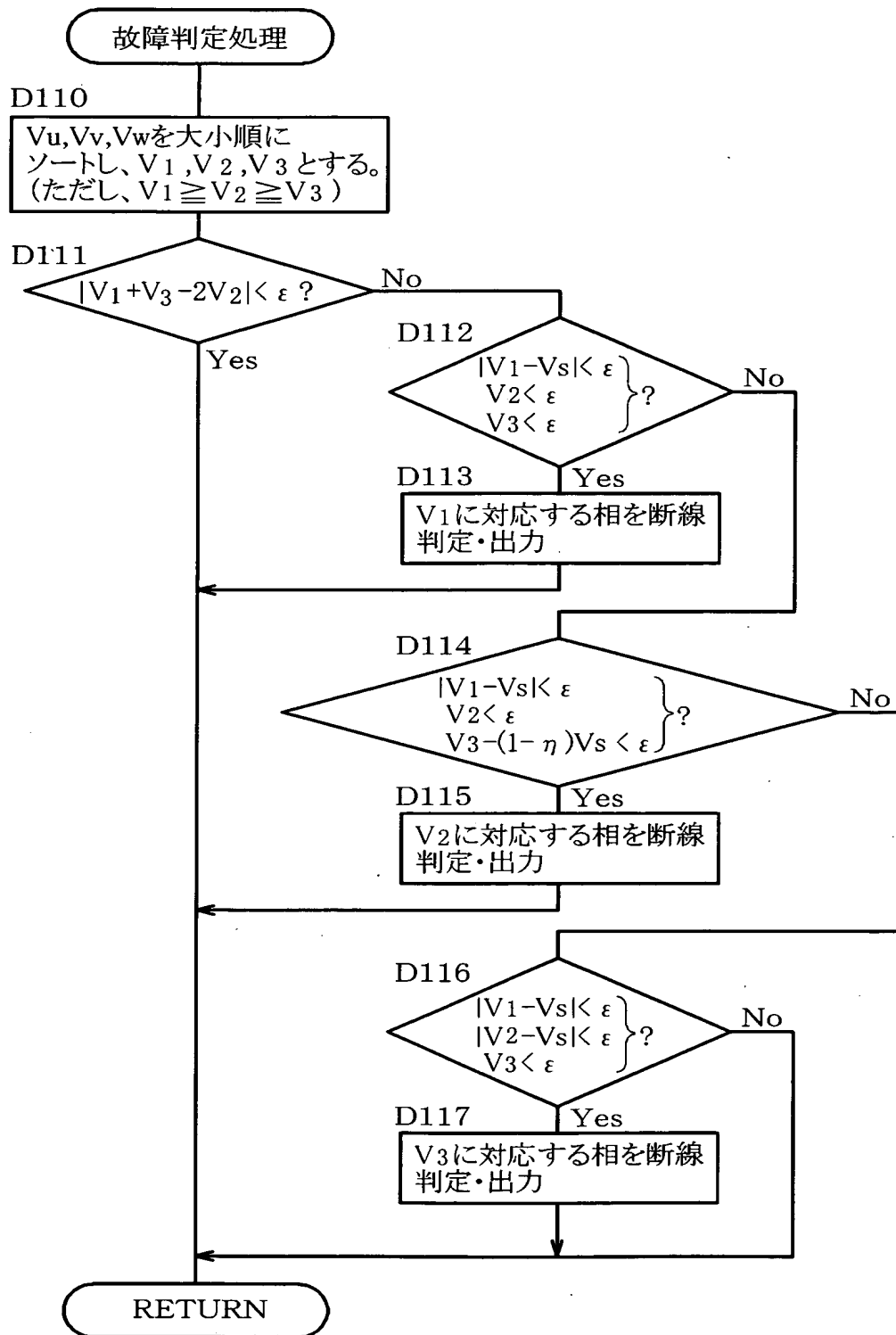


【図 16】





【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 舵軸駆動モータに測定端子を設ける改造等が不要であり、かつ簡便な測定回路構成によりモータの故障判定を行なうことができる車両用操舵制御システムを提供する。

【解決手段】 3相ブラシレスモータからなる操舵軸駆動モータ6の、各相のコイルの端子電圧を個別に検出する。そして、3以上の互いに異なる通電端子u, v, wについて検出された端子電圧 $V_U$ 、 $V_V$ 、 $V_W$ とし、さらにそれら検出値 $V_u$ 、 $V_v$ 及び $V_w$ を電圧の大小順に配列したときの各値を $V_1$ 、 $V_2$ 及び $V_3$ （ただし、 $V_1 \geq V_2 \geq V_3$ ）としたとき、 $V_1 + V_3$ と $2V_2$ とが、予め定められた許容範囲内にて互いに一致するか否かを調べる判定演算を行ない、その演算結果に基づいて前記故障判定を行なう。

【選択図】 図16

特願 2002-217731

出願人履歴情報

識別番号

[000003470]

1. 変更年月日

1990年 8月24日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地

氏 名

豊田工機株式会社

特願 2 0 0 2 - 2 1 7 7 3 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 2 0 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町1番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社